

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIEROS ELECTRÓNICOS

TEMA:
DISEÑO DE LA RED INTERNET DE LAS COSAS (IOT) PARA EL
EDIFICIO DE LA EMPRESA CONSEL

AUTORES:
RENE FERNANDO GAHONA CORREA
ALEX RICARDO GAVILEMA CABEZAS

TUTOR:
LUIS GERMÁN OÑATE CADENA

Quito, marzo de 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Rene Fernando Gahona Correa con documento de identificación N° 1720457462 y Alex Ricardo Gavilema Cabezas con documento de identificación N° 1724976012 manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autores del Trabajo de Titulación intitulado: “Diseño de la red Internet de las Cosas (IoT) para el Edificio de la Empresa Consel”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Electrónicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Rene Fernando Gahona Correa
C.I.: 1720457462



Alex Ricardo Gavilema Cabezas
C.I.: 1724976012

Quito, marzo de 2020

DECLARATORIA DE COAUTORIA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico: “DISEÑO DE LA RED INTERNET DE LAS COSAS (IOT) PARA EL EDIFICIO DE LA EMPRESA CONSEL.”, realizado por René Fernando Gahona Correa y Alex Ricardo Gavilema Cabezas, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, marzo de 2020



.....

Luis Germán Oñate Cadena

C.I.: 1712157401

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico al amor, esfuerzo, cuidado de dos seres humanos, mis padres. Ustedes me han permitido llegar lejos iluminando y guiando mi camino.

Rene

Este trabajo va dedicado a mis padres y hermanas por apoyarme en cada momento de mi vida.

Alex

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a la Madre Santa, por iluminarme en tomar buenas decisiones en mi vida. Gracias totales a mi Padre, Porfirio Gahona y a mi Madre, Yolanda Correa por su infinito amor y apoyo, a mis hermanos especialmente a Martha Gahona, por su infinito apoyo para hacer realidad este sueño.

Rene

Agradezco a Dios por permitirme conocer a varias personas que supieron darme apoyo en momentos complicados, a mis familiares por su amistad, lealtad y cariño hacia mi persona, especialmente a mi mejor amigo Carlos Torres que me brindo su amistad y consejos para poder llegar a culminar este trabajo.

Alex

Agradezco al Ingeniero Luis Oñate por su comprensión y disposición para prestarme su ayuda dándome la guía necesaria durante todo este proceso.

Rene y Alex

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	ii
DECLARATORIA DE COAUTORIA DEL DOCENTE TUTOR.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO 1.....	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	1
1.3. OBJETIVOS.....	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. METODOLOGÍA	2
CAPÍTULO 2.....	3
MARCO TEÓRICO	3
2.1. INTERNET DE LAS COSAS (IOT) EN EDIFICIOS.....	3
2.1.1. Introducción de internet de las cosas	3
2.1.2. Mantenimiento predictivo en una red IoT.....	3
2.1.3. Aplicaciones complejas compatibles en edificios inteligentes con Internet de las Cosas	4
2.2. CONFORMACIÓN DE UNA RED IOT	4
2.3. ASOCIACIÓN DE WIFI-IOT	6

2.4.	EQUIPOS EMPLEADOS EN DISEÑO	7
2.4.1.	Selección de equipos networking	7
2.4.2.	Selección de dispositivos IoT-Wi-Fi.....	10
2.4.3.	Aplicación para dispositivos IoT	14
CAPÍTULO 3.....		15
DISEÑO DE LA RED INTERNET DE LAS COSAS (IoT) DEL EDIFICIO DE LA EMPRESA CONSEL		15
3.1	INFRAESTRUCTURA DEL EDIFICIO	15
3.1.1	Edificio inteligente	15
3.1.2	Ubicación, áreas y distribución del edificio	15
3.1.3	Cuarto de comunicaciones	16
3.2	DISEÑO FÍSICO DE LA RED IOT	17
3.2.1	Cableado estructurado	18
3.2.2	Conexión de Racks mediante enlace de fibra óptica.....	19
3.2.3	Red inalámbrica	19
3.2.4	Distribución y cantidad de dispositivos IoT Wi-Fi.....	20
3.2.5	Topología física general.....	21
3.3	DISEÑO LÓGICO DE LA RED IOT	22
3.3.1	Descripción topológica.....	22
3.3.2	Direccionamiento IPv4.....	23
3.3.3	Direccionamiento IPv6.....	24
3.4	CANTIDAD DE EQUIPAMIENTO NETWORKING.....	24
3.5	DISEÑO DE SEGURIDAD DE LA RED IOT.....	25
3.5.1	Seguridad Física	25
3.5.2	Seguridad Lógica	25
3.6	DISEÑO DE LA RED INTERNET DE LAS COSAS EN BASE A LA ARQUITECTURA IOTWF	26
3.6.1	Capa 1: Dispositivos físicos y controladores	26

3.6.2	Capa 2: Conectividad	26
3.6.3	Capa 3: Análisis de datos y Transformación	26
3.6.4	Capa 4: Acumulación de datos.....	27
3.6.5	Capa 5: Abstracción de datos	27
3.6.6	Capa 6: Aplicación.....	28
3.6.7	Capa 7: Colaboración y procesos	28
3.7	CALIDAD DE SERVICIO QOS DE LA RED IOT	28
3.8	ESCALABILIDAD DE LA RED IOT	30
CAPÍTULO 4.....		32
SIMULACIÓN DE LA RED INTERNET DE LAS COSAS		32
4.1	ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE LA RED IOT	32
4.1.1	Características y parámetros de los escenarios de la red IoT.....	32
4.1.2	Primer Escenario	34
4.1.3	Segundo Escenario	35
4.2	RESULTADOS DE SIMULACIÓN EN ESCENARIO 1 Y 2	36
4.2.1	Retardo (delay).....	36
4.2.2	Rendimiento (throughput).....	37
4.2.3	Carga de red (Load)	38
4.2.4	Demora de acceso al medio (media access).....	39
4.2.5	Paquetes perdidos (traffic Dropped)	40
CAPÍTULO 5.....		42
FACTIBILIDAD DE COSTE PARA LA RED WIFI		42
5.1.	ANÁLISIS DE PRECIOS DE IMPLEMENTACIÓN FUTURA DE LA RED IOT	42
5.1.1.	Costos de materiales.....	42
5.1.2.	Costos de instalación.....	43
5.1.3.	Costo total de materiales e instalación	44

5.1.4.	Ingreso de la oferta de la red IoT	44
5.1.5.	Egreso por mantenimiento y operación.....	45
5.2.	INDICADORES DE EVALUACIÓN DE UN PROYECTO	45
5.2.1.	Valor presente neto (VPN).....	46
5.2.2.	Tasa interna de retorno (TIR).....	46
5.2.3.	Periodo de recuperación (PR)	46
5.2.4.	Cálculos de indicadores para la oferta de la red IoT.....	47
CONCLUSIONES.....		49
RECOMENDACIONES.....		50
REFERENCIAS		51
ANEXO 1: Detalle de conectividad de dispositivos finales IoT al AP		54
ANEXO 2: Detalle de conectividad de Access Point al Switch de distribución....		55
ANEXO 3: Rubros de precios de materiales		56
ANEXO 4: Rubros de costos de instalación.....		57
ANEXO 5: Recepción del trabajo de titulación en la Empresa Consel.		58
ANEXO 6: Cableado estructurado con salida de datos CAT6A piso 4		59
ANEXO 7: Red inalámbrica, distribución de Access Point, piso 4		60
ANEXO 8: Despliegue de dispositivos IoT Wi-Fi en el piso modelo		61
ANEXO 9: Ubicación de dispositivos IoT Wi-Fi en el departamento modelo.....		62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Tendencias de un edificio inteligente con IoT.....	4
Figura 2.2 Estructura IoT por IoTWF	5
Figura 2.3 Segmentación Dinámica de una red IoT Wi-Fi.....	7
Figura 2.4 Controlador de Movilidad Aruba Serie 7200	8
Figura 2.5 Router HPE HSR6802 JG361A.....	8
Figura 2.6 Switch Aruba 3810M JL075A.....	9
Figura 2.7 Switch Aruba 2540 JL356A	9
Figura 2.8 Access Point Aruba 510	9
Figura 2.9 Firewall FortiGate 6300F	10
Figura 2.10 Detector de Humo DH/FAD122AW	11
Figura 2.11 Detector de temperatura Y6630D.....	11
Figura 2.12 Detector de movimiento ARD1231-W.....	12
Figura 2.13 Cerradura Eléctrica WLX-LMIFA-AP-10	12
Figura 2.14 Monitor VTH5241DW	13
Figura 2.15 Pulsador VTO2111D-WP.....	13
Figura 2.16 Cámara de video N41BL12-W	13
Figura 2.17 Aplicación DMSS.....	14
Figura 3.1 Cuarto de comunicaciones principal, cuarto de control piso 2.....	17
Figura 3.2 Cuarto de comunicaciones secundario.....	17
Figura 3.3 Diagrama vertical cableado estructurado piso 3 y 4.....	18
Figura 3.4 Interconexión de fibra óptica rack “A1” piso 2 al rack “C” piso 3	19
Figura 3.5 Esquema físico general de distribución de red	22
Figura 3.6 Diagrama lógico para la Red	23
Figura 3.7 Dispositivo de computación de borde de la compañía Aruba	27
Figura 3.8 Dispositivo HPE ProLiant m710x Server Blade	27
Figura 3.9 Crecimiento de dispositivos IoT en edificios residenciales.....	30

Figura 4.1 Selección WFQ en Optnet	33
Figura 4.2 Configuración de servidor FTP	33
Figura 4.3 Red sin dispositivos IoT	35
Figura 4.4 Red con dispositivos IoT	36
Figura 4.5 Retardo(delay)	37
Figura 4.6 Rendimiento(Throughput)	38
Figura 4.7 Carga/Load	39
Figura 4.8 Demora de acceso al medio/Media Access Delay	40
Figura 4.9 Pérdida de paquetes	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Comparación de equipos	8
Tabla 2.2 Comparación de marcas de dispositivos IoT Wi-Fi.....	10
Tabla 3.1 Áreas por departamento tipo en piso modelo.....	16
Tabla 3.2 Simbología de dispositivos IoT.....	21
Tabla 3.3 Total de dispositivos IoT	21
Tabla 3.4 Direccionamiento IPV4.....	24
Tabla 3.5 Direccionamiento IPV6.....	24
Tabla 3.6 Aparatos utilizados en diseño	25
Tabla 3.7 Clases de calidad de servicio	29
Tabla 4.1 Características de simulación.....	32
Tabla 4.2 Parámetros a ser evaluados	34
Tabla 4.3 Cantidad de equipos a utilizar en la simulación.....	34
Tabla 4.4 Cantidad de equipos IoT a utilizar en la simulación.....	35
Tabla 5.1 Análisis de costos de materiales.....	42
Tabla 5.2 Análisis unitario de instalación de rubros	43
Tabla 5.3 Costos total de materiales e instalación de la red IoT.....	44
Tabla 5.4 Ingresos por implementación de la red IoT	45
Tabla 5.5 Análisis de costo por mantenimiento	45
Tabla 5.6 Egreso por mantenimiento de la red	45
Tabla 5.7 Descripción de flujo de proyecto	47
Tabla 5.8 Resultados del VPN, TIR, PR.....	47
Tabla 5.9 Resultados del periodo de recuperación.....	48

RESUMEN

La evolución de las redes a redes IoT hoy en día se encuentra en procesos de implementación para brindar mejores soluciones a las personas utilizando tecnología inalámbrica e integración con aplicaciones de notificación ante eventos de acceso no autorizado, robo y alarmas de evacuación ante desastres naturales. El presente trabajo explica el diseño y simulación de la red Internet de las cosas (IoT) para seguridad electrónica de departamentos del edificio de la empresa Consel. La tecnología utilizada para la red IoT es Aruba HPE y para los dispositivos finales IoT Wi-Fi tales como cámaras, sensores de movimiento, detección de fuego, intercomunicación video porteros se ha considerado Dahua para así dar una mayor seguridad y cubrir las necesidades de los residentes, personal administrativo y empleados utilizando el monitoreo y control centralizado de los dispositivos IoT-Wi-Fi de seguridad, el diseño está basado en la arquitectura IoTWF. La simulación del diseño de la red IoT Wi-Fi permite visualizar parámetros de tráfico de datos en 2 escenarios planteados, con la finalidad de que el aumento de dispositivos IoT no afecte el rendimiento en parámetros de retardo, rendimiento, carga y pérdida de paquetes, el análisis de costos de implementación, operación e ingeniería se ha realizado en base a análisis de precios unitarios, la recuperación estimada de la inversión será alrededor de un año adicionando un valor extra al costo total de cada departamento del edificio.

ABSTRACT

The evolution of networks to IoT networks is currently in the process of being implemented to provide better solutions to people using wireless technology and integration with applications for notification of unauthorized access events, theft and evacuation alarms for natural disasters. This paper explains the design and simulation of the Internet of Things (IoT) network for electronic security of departments of the Consel company building. The technology used for the IoT network is Aruba HPE and for IoT Wi-Fi end devices such as cameras, motion sensors, fire detection, video intercom, doormen have been considered Dahua to provide greater security and meet the needs of residents, administrative staff and employees using centralized monitoring and control of IoT-Wi-Fi security devices, the design is based on the IoTWF architecture. The simulation of the design of the Wi-Fi IoT network allows visualizing data traffic parameters in 2 scenarios, so that the increase in IoT devices does not affect performance in delay parameters, performance, load and packet loss, The analysis of costs of implementation, operation and engineering has been carried out based on unit price analysis, the estimated recovery of the investment will be around one year adding an extra value to the total cost of each department of the building.

INTRODUCCIÓN

Los dispositivos inteligentes de seguridad electrónica conectados a una red IoT toman distintos tipos de datos de sensores que miden variables físicas estos datos son integrados a través de protocolos de comunicación y luego son enviados a una base de datos para ser analizados, después del análisis se utilizarán para activar o desactivar sistemas inteligentes con funciones específicas tales como abrir puertas, activar cámaras, dar alertas al usuario mediante el uso de aplicaciones.

La seguridad electrónica en el edificio de la empresa Consel viene compuesta por diversos tipos de sensores para seguridad electrónica y a la vez de distintas marcas con sus propio hardware y software esto se convierte en sistemas dispersos no centralizados difíciles de controlar y monitorear, la necesidad de los residentes es tener un sistema centralizado y convergente utilizando una red IoT alámbrica/inalámbrica para una mejor seguridad electrónica. En este proyecto se realiza el diseño de la red IoT para dar una solución ante sistemas de seguridad electrónica y puedan ser gestionados con facilidad tanto para el administrador y los residentes.

El capítulo uno describe el problema, justificación, objetivos además de la metodología a utilizar, el capítulo dos contiene la parte teórica investigada acerca de la arquitectura, conformación y asociación de una red Wi-Fi IoT. El tercer capítulo corresponde al diseño de la red IoT mismo que incluye el cableado estructurado arquitectura IoTWF, calidad de servicio y descripción de los equipos de networking y dispositivos IoT empleados en la red, el diseño se encuentra elaborado en base a la distribución arquitectónica del edificio, cantidad de dispositivos IoT tales como detección de fuego, control de accesos, video vigilancia e intercomunicación, alcance de seguridad electrónica para los departamentos y tecnología para una red IoT. El capítulo cuatro describe la simulación de dos escenarios que cuentan con dispositivos tradicionales, mientras que el segundo escenario abarcar los dispositivos IoT para seguridad en los departamentos, por medio del uso del simulador OPNET se obtendrá los resultados de los escenarios planteados. El quinto capítulo comprende el análisis de posibilidad de coste para una futura implementación del diseño de red IoT a partir del valor presente neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR), periodo de recuperación (PR). Finalmente se describen las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

En el presente capítulo se describe planteamiento del problema, justificación, objetivos a cumplirse y metodología utilizada.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Empresa Consel CIA. LTDA es una institución privada contratista que da servicios de ingeniería en sistemas eléctricos y electrónicos, se encuentra ubicada en la Miguel Gaviria E10-29 Quito Ecuador. El edificio de la Empresa Consel consta de 24 pisos, ocupados por departamentos y áreas recreativas, 7 subsuelos que sirven para estacionamientos vehiculares de los propietarios de los departamentos. El monitoreo de los sistemas de seguridad en departamentos y servicios generales tales como control de acceso, seguridad, sistema detección de incendios y resto de dispositivos se comunica de forma tradicional entre sus propias controladoras siendo así dispersos, vulnerables y difíciles de integrar a una red IoT inteligente. Por el momento se siguen aplicando tecnologías convencionales, esto se convierte en un problema tanto para los dueños de los departamentos como para el personal de administración y empleados, ya que es difícil de controlar y monitorear los dispositivos en las zonas residenciales y áreas específicas del edificio. Por lo tanto, al no contar con una red IoT y dispositivos con las últimas tecnologías que ofrece el mercado el edificio se tornará inseguro y vulnerable ante un robo y desastres naturales. En base al funcionamiento de equipos como video porteros, alarmas y sensores que trabajan con IoT, se podrá determinar si es factible la implementación de la red IoT en base a características de seguridad y control en departamentos a través del análisis de tráfico y costos de equipos.

1.2. JUSTIFICACIÓN

En principio podría salir costoso implementar tecnologías IoT pero se recompensa a largo plazo, ya que conectar todo mediante un sistema IoT brindan resultados positivos, como la mejora en servicios de seguridad y control con el uso de equipos, control de accesos, cámaras de video, detectores de fuego entre otros dispositivos con comunicación IoT, desplegados en los departamentos y áreas generales, para que se beneficien los futuros residentes, además de administradores y trabajadores del edificio.

En el presente trabajo se plantearán dos escenarios enfocados en analizar el diseño para una futura implementación de una red IoT en el edificio de la empresa Consel, partiendo del análisis de tráfico en la simulación que se generará en el edificio, sugiriendo equipos de fabricantes líderes en soluciones IoT basadas en el cuadrante Gartner, además de realizar un análisis de costos de equipos en cuanto a la implementación del proyecto.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Diseñar la red Internet de las Cosas (IoT) en el edificio de la empresa Consel para que satisfaga las necesidades de seguridad en los departamentos mediante IoT del edificio.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos de la red IoT de los residentes en el edificio de la empresa Consel para la determinación de los aspectos técnicos en cuanto a cobertura.
- Diseñar la red IoT en el edificio de la empresa Consel para que satisfaga las necesidades tecnológicas y de seguridad de los residentes.
- Simular el tráfico de la red IoT del edificio de la Empresa Consel para la verificación de viabilidad técnica.
- Analizar los costos para una futura implementación de la red IoT del edificio de la empresa Consel.

1.4. METODOLOGÍA

Método analítico: Se analizarán los diferentes dispositivos de acceso a una red IoT, así como todo lo que este método permite para la simulación. Concluyendo con un análisis de costos para su futura implementación.

Método deductivo: Por medio del diseño propuesto que toma en cuenta el comportamiento de diferentes dispositivos diseñados para trabajar en red IoT del edificio, en un software de simulación que permita el tráfico de la red IoT enfocadas a la seguridad en los departamentos del edificio de la empresa Consel.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

Esta sección se menciona las características en el diseño de la red internet de las cosas orientada a edificios, además de la descripción de equipos para networking, y dispositivos IoT.

2.1. INTERNET DE LAS COSAS (IOT) EN EDIFICIOS

2.1.1. Introducción de internet de las cosas

El término Internet de las cosas (IoT) es una evolución en la manera en que interactúan las personas y el sin número de dispositivos electrónicos que existen en la actualidad y que están por venir, con el propósito de que exista una comunicación entre dispositivos y el usuario. Conectar todos estos dispositivos a una red, permitirá la mejora en diferentes áreas como: automatización, precisión, domótica entre otros (IOT Fundamentals, 2017).

En edificios inteligentes residenciales o comerciales que dispongan de una red de internet de las cosas se lograra características importantes en la administración y control en dispositivos electrónicos que se benefician en áreas de seguridad, acceso de personal, etc. A medida que la evolución en el internet de las cosas avanza, se puede incorporar más servicios y dispositivos que ayuden a la seguridad y administración de edificios (gemalto, 2019).

2.1.2. Mantenimiento predictivo en una red IoT

El mantenimiento inteligente es uno de los beneficios del internet de las cosas, el cual consiste en la conectividad de dispositivos IoT a una red que va a ser controlada por un usuario final. Las características de máquina a máquina (M2M) que disponen los dispositivos IoT, permitiendo que se actualicen automáticamente los equipos y en caso de una avería se notifique al operador que se necesita cambiar el componente o pieza dañada en específico, ahorrando el tiempo de un mantenimiento programado (O'Brien, 2018).

2.1.3. Aplicaciones complejas compatibles en edificios inteligentes con Internet de las Cosas

Existen diferentes aplicaciones para monitorear dispositivos IoT y muchos de ellos vienen instalados previamente en los mismos equipos, por lo que permite que tanto el usuario como el administrador tenga la facilidad de recolectar la información. La conexión entre dispositivos IoT ayudan en aspectos de seguridad, acceso de un edificio inteligente por lo que la invención de aplicaciones que converja uno o más dispositivo será beneficioso para los administradores y usuarios de un edificio con red IoT. Los escenarios en los que múltiples dispositivos IoT interactúen entre si van a ir creciendo considerablemente a futuro, por lo que un ejemplo de características de un edificio inteligente se observa en la Figura 2.1 (Núñez, 2018).

Figura 2.1 Tendencias de un edificio inteligente con IoT



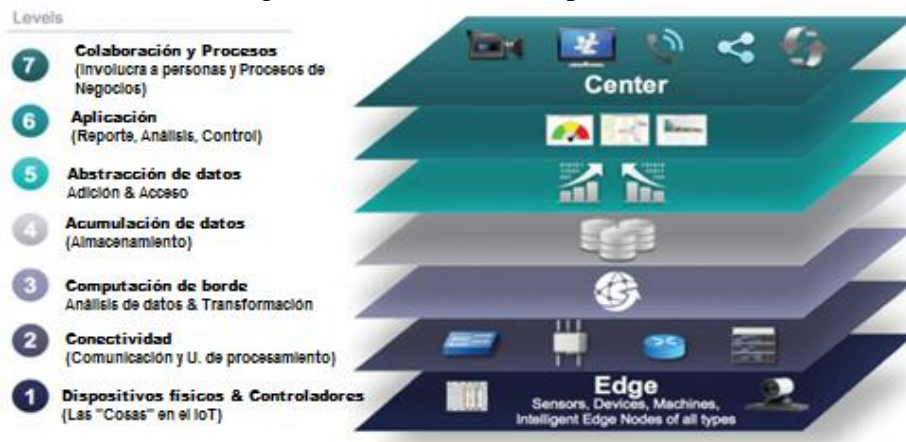
Los diferentes dispositivos que se pueden conectar a IoT son variados y poseen diferentes aplicaciones, de esta manera el control y visualización de la información será más amigable para los usuarios o administradores. (Núñez, 2018)

2.2. CONFORMACIÓN DE UNA RED IOT

Dentro de la estructura de una red IoT utilizada para varios tipos de aplicaciones, el modelo ha sido propuesto por diferentes organizaciones o investigadores. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), planteo en la recomendación ITU-T Y.2060 en el año 2012 definiciones acerca de IoT y características además de un modelo de cuatro capas (itu, s.f.). De igual manera, el modelo planteado por el comité de arquitectura IoTWF (Internet of Things World Forum) que lo conforman empresas de renombre como CISCO entre otras determinaron en el año 2014 que una red IoT posee 7 capas (IOT Fundamentals, 2017, pág. 78).

En la Figura 2.2 el modelo plantado por IoTWF posee una perspectiva de fácil entendimiento, además que es el modelo guía del presente trabajo de titulación.

Figura 2.2 Estructura IoT por IoTWF



Modelo de 7 elementos planteado por IoTWF. (IOT Fundamentals, 2017, pág. 78).

Capa 1: Elementos físicos y controladores

La primera capa del modelo planteado por IoTWF, cuenta con datos generados por dispositivos finales, ya sean sensores o actuadores que envían la información a la red IoT. (Serrotho, 2019)

Capa 2: Conectividad

Con la implementación de la comunicación de datos que atraviesan una red IoT, la capa 2 contempla el paso de información desde los dispositivos finales hacia la red y de la red rumbo a la capa 3 (IOT Fundamentals, 2017, pág. 79). Además de incluir características de confianza para el paso de información a través de la red, switching y routing, manejo de protocolos y seguridad.

Capa 3: Computación de borde

Una característica de la computación de borde permite a la información que ingresa a la capa 3 la posibilidad de reducción, almacenamiento y procesamiento de datos que pasan a la capa superior. Con el filtrado de información permite que el tráfico sea reducido generando una notificación de exceso en umbrales predefinidos (IOT Fundamentals, 2017, pág. 80).

Capa 4: Almacenamiento de datos

La acumulación de datos permite que la información de mayor importancia sea utilizada por aplicaciones en el momento necesario y en capas superiores. Resaltar que el procesamiento realizado parte de datos de eventos y datos de consultas (IOT Fundamentals, 2017, pág. 81).

Capa 5: Abstracción de información

La información que ingresan en la capa 5 son organizados en uno o varios centros de datos por medio de la virtualización. La semántica y organización denotan que la información está completa (IOT Fundamentals, 2017, pág. 81).

Capa 6: Reporte análisis y Control

Para el manejo de la información de sensores o actuadores, la capa 6 tiene la ventaja de monitorear, controlar y analizar la información que se circula en la red IoT por medio de aplicaciones, pudiendo de esta manera la visualización en dispositivos como teléfonos inteligentes o computadoras que sean compatibles con la aplicación (IOT Fundamentals, 2017, pág. 81).

Capa 7: Colaboración y procesos

Para la interacción entre usuarios y la red IoT, la información que es analizada por las aplicaciones facilita la manipulación en procesos empresariales o comerciales de grandes y pequeñas empresas, permitiendo así el control de la red IoT. (IOT Fundamentals, 2017, pág. 81).

2.3. ASOCIACIÓN DE WIFI-IOT

Una de las características de una red inalámbrica es la de permitir la comunicación entre dispositivos sin mayor dificultad, tendiendo así la facilidad de conectar dispositivos finales a una red IoT. Las frecuencias comunes en wifi son de 2.4Ghz y 5 Ghz (Salazar, 2016, pág. 6). Una red wi-fi principalmente posee un alcance de 100m. En la cual si se desea aumentar su alcance es necesario colocar puntos de acceso, estos se enfocan en trabajar con características que permita el uso de una red IoT. El estándar que es utilizado por wifi es IEEE 802.11, que con las características y versiones

existentes permiten que cámaras, video porteros, detectores de humo y demás dispositivos tengan conexión a una red IoT (Salazar, 2016, pág. 13).

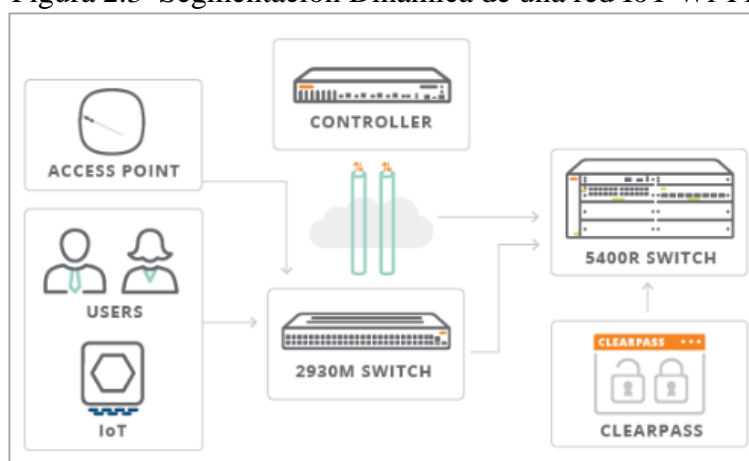
2.4. EQUIPOS EMPLEADOS EN DISEÑO

Al momento en pensar en un dimensionamiento de la red IoT es necesario contemplar las tecnologías más adecuadas para un funcionamiento eficaz y futuro escalamiento, en los siguientes numerales se describe los equipos a hacer empleados como referencia para este estudio de red.

2.4.1. Selección de equipos networking

Se ha considerado la marca Aruba en el bosquejo para esta red por ofrecer la mejor experiencia posible en conectividad, brindando lo que los usuarios necesitan en el momento adecuado, sin importar el dispositivo ni la ubicación, proporciona herramientas que facilitan los procesos como la conexión a la red empresarial, máxima comunicación y alojamiento de datos, acceso seguro y simplificado para los usuarios y la IoT siendo ideal para edificios inteligentes. La Figura 2.3 representa una segmentación dinámica de redes IoT Wi-Fi.

Figura 2.3 Segmentación Dinámica de una red IoT Wi-Fi.



Representación general de bloques de una red IoT con equipos Aruba. (Aruba, 2019)

En la Tabla 2.1 se muestra las especificaciones por qué se toma como Aruba HPE como marca referencial para el estudio de la red IoT, se compara las características más importantes de tres diferentes tecnologías, Cisco, D-Link.

Tabla 2.1 Comparación de equipos

Características	Cisco	HPE	D-Link
Tipo	Switch L2-24P	Switch L2-24P	Switch L2-24P
Modelo	CGS-2520-24TC	JL356A	DGS- 1024D
Latencia	6.55 mpps	95, 2 mpps	35,71 mpps
Velocidad	4,4 GbE	10 GbE	1 GbE
Capacidad SW	8,8 Gbps	128Gbps	48Gbps
Ethernet	10/100/1000	10-100-1000	10\100\1000 mbps
Puertos SFP	2 S_F_P 1GbE	4 SFP+ 1/10GbE	No
VLAN	1005	512	No
Gestionable	Si	Si	No
Seguridad	IEEE 802.1x	IEEE 802.1x	Control Tormenta
Costo (USD.)	2,945.10	1147,41	166,21

Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

- **CONTROLADOR:** Para controlar la red IoT se ha tomado como controlador referencial al Controlador de Movilidad Aruba Serie 7200, soporta más de 32,000 dispositivos, administra autenticación, cifrado, VPNs, servicios IPv4/IPv6, la Figura 2.4 se representa el controlador físico.

Figura 2.4 Controlador de Movilidad Aruba Serie 7200



Vista general del Controlador de Movilidad Aruba Serie 7200. (Aruba, 2019)

- **ROUTER:** El Router HPE HSR6802 modelo JG361A, es un enrutador multiservicio para la conectividad de centros de datos, en Figura 2.5 se ve el ruteador físico.

Figura 2.5 Router HPE HSR6802 JG361A



Vista general del Router HPE HSR6802 JG361A. (HPE, 2019)

- SWITCH L3: Se ha considerado como punto de concentración de toda la red IoT, al switch Aruba 3810M 16SFP+ Switch de 2 ranuras (JL075A), es un equipo que opera en la capa 3 avanzada con backplane stacking, baja latencia, basada en un poderoso ASIC de ProVision y preparada para APs de alta velocidad con Ethernet multigigabit HPE Smart Rate, y la Figura 2.6 se ve el ejemplar de la unidad física.

Figura 2.6 Switch Aruba 3810M JL075A



Vista general del Switch Aruba 3810M JL075A. (Aruba, 2019)

- SWITCH L2: El Conmutador Aruba 2540 24G PoE+ 4SFP+ (JL356A), es un equipo que opera en la capa 2, de alta rendimiento para IoT y la Figura 2.7 enseña el switch L2.

Figura 2.7 Switch Aruba 2540 JL356A



Vista general del Switch Aruba 2540 JL356A. (Aruba, 2019)

- ACCESS POINT: Se ha tomado como referencia para el diseño de la red al Access Point Aruba 510, por brindar enlace alta ganancia en sistemas IoT para diversos espacios (Aruba, 2019), en la Figura 2.8 se observa el AP físico.

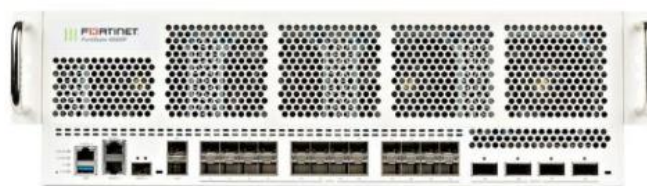
Figura 2.8 Access Point Aruba 510



Vista general del Access Point Aruba 510. (Aruba, 2019)

- **FIREWALL:** Permite tener seguridad lógica en la red tal que permita tomar acciones en caso de infiltraciones y eventos no deseados en la misma, por lo cual el equipo escogido es FortiGate 6300F que reúne características importantes de seguridad para una red IoT. El equipo se basa en Next Generation Firewall (NGFW) que utiliza sistema de código libre siendo una solución de Appliance en software y hardware de la empresa Fortinet. En la Figura 2.9 se aprecia el dispositivo físico.

Figura 2.9 Firewall FortiGate 6300F



Vista general del Firewall FortiGate 6300F. (Fortinet, 2019)

2.4.2. Selección de dispositivos IoT-Wi-Fi

En el edificio de la empresa Consel se considera los siguientes dispositivos que se conectan a la red IoT, tal como sensor de humo, sensor de temperatura, sensor de movimiento, cerradura eléctrica, video portero y cámara de CCTV. En el Anexo 1 se muestra el esquema de cómo están conectados los dispositivos IoT a la red IoT Wi-Fi. Para la selección de dispositivos IoT con conectividad Wi-Fi se ha elaborado la Tabla 2.2 donde se muestra las 3 marcas distintas con características generales que se emplean en la construcción del proyecto.

Tabla 2.2 Comparación de marcas de dispositivos IoT Wi-Fi

Características	Dahua	Honeywell	Abus
Costo	Bajo	Alto	Medio
Disponibilidad de	Entrega	Bajo pedido	Escasa
Conectividad Wi-Fi	Si	Varios	Accesos
Integridad a plataformas	Convergente	Propia	Controlador
Calidad	Media	Alta	Media
Demanda de uso	Muy alta	Alta	Baja
Sistemas de seguridad	Varios	Fuego,	Accesos

Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

- **Detector de humo:** Se ha escogido el aparato IoT de localización de humo al DH/FAD122AW el cual cuenta con tecnología IoT y es instalado en los

dormitorios y sala de cada departamento, en la Figura 2.10 se puede observar el dispositivo físico.

Figura 2.10 Detector de Humo DH/FAD122AW



Vista general del detector de humo DH/FAD122AW (Dahua, 2020)

- Detector de temperatura: Para detección de temperatura se toma el equipo Y6630D, es un dispositivo inalámbrico, alimentado por batería y una caja de recepción HC60NG alimentada por la red IoT, brinda un control inteligente de la temperatura de ambiente de una sola zona, es instalado en la cocina, en la Figura 2.11 se puede observar el dispositivo físico

Figura 2.11 Detector de temperatura Y6630D



Vista general del detector de temperatura Y6630D (Honeywell, 2019)

- Detector de movimiento: Se utiliza como elemento IoT de censado de movimiento el ARD1231-W, es un dispositivo inalámbrico, diseñado para reducir drásticamente las falsas alarmas de las mascotas, el sensor utiliza una lente de alta calidad para detección de intrusos, junto con la detección de calor y el infrarrojo pasivo, en la Figura 2.12 se puede observar el dispositivo físico.

Figura 2.12 Detector de movimiento ARD1231-W



Vista general del detector de movimiento ARD1231-W (Dahua, 2020)

- Cerradura eléctrica: Se ha tomado como cerradura eléctrica al WLX-LMIFA-AP-10, es un cilindro electrónico de dos perillas con lector Mifare, enlace inalámbrico entre transpondedor y tambor, se enlaza a la red IoT mediante un controlador de accesos modular que tiene un alcance hasta 20 puertas y 150 usuarios por puerta, es instalado en la puerta de acceso principal de cada departamento, y la Figura 2.13 se puede observar la cerradura empleada.

Figura 2.13 Cerradura Eléctrica WLX-LMIFA-AP-10



Vista general de la Cerradura Eléctrica WLX-LMIFA-AP-10. (Abus, 2019)

- Intercomunicador Monitor (VTH): Para la intercomunicación de propietarios se optó por el dispositivo IoT VTH5241DW, permite conectarse a la red IoT mediante la tecnología Wi-Fi, se instala un VTH en cada dormitorio y cocina de los departamentos, a este dispositivo se pueden conectar aparatos IoT cableados como puede ser un sensor de humo, la Figura 2.14 enseña el dispositivo físico.

Figura 2.14 Monitor VTH5241DW



Vista general del monitor VTH5241DW. (Dahua, 2020)

- Intercomunicador Pulsador (VTO): En el acceso principal de los departamentos se instala el intercomunicador VTO2111D-WP, este dispositivo está compuesto por un pulsador y una mini cámara de video, sirve para interactuar internamente con los propietarios de los departamentos en cada piso, la Figura 2.15 muestra el aparato.

Figura 2.15 Pulsador VTO2111D-WP



Vista general del Pulsador VTO2111D-WP. (Dahua, 2020)

- Cámara de video: Para vigilar el área general de los departamentos se ha seleccionado la cámara tipo mini domo N41BL12-W la cual se instala en la sala de los departamentos cubriendo el acceso principal, este dispositivo IoT se vincula a la red IoT a través de Wi-Fi, la Figura 2.16 se representa la cámara.

Figura 2.16 Cámara de video N41BL12-W



Vista general de la cámara de video N41BL12-W. (Dahua, 2020)

2.4.3. Aplicación para dispositivos IoT

Para controlar y monitorear los dispositivos IoT Wi-Fi se cuenta con la aplicación DMSS de la marca Dahua, esta aplicación puede controlar cámaras de vídeo, control de acceso, sensores, es totalmente gratuita puede ser instalada en dispositivos móviles, tabletas y computadoras, la figura 2.17 se aprecia el icono de la aplicación considerada.

Figura 2.17 Aplicación DMSS



Vista general de la aplicación DMSS. (Dahua, 2020)

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA RED INTERNET DE LAS COSAS (IoT) DEL EDIFICIO DE LA EMPRESA CONSEL

Se plantea el diseño para seguridad, lógica, físico, IoTWF, calidad de servicio QoS partiendo desde la infraestructura del edificio.

3.1 INFRAESTRUCTURA DEL EDIFICIO

3.1.1 Edificio inteligente

Un edificio inteligente exige una infraestructura robusta que esté disponible, sea confiable, económica y adecuada a su rol de misión crítica. El edificio inteligente es una infraestructura que utiliza procesos automatizados para controlar automáticamente la seguridad de los departamentos del edificio, tales como la detección de fuego, control de accesos, seguridad, video vigilancia e intercomunicación. Para lo cual se utiliza dispositivos con tecnología Wi-Fi para recolectar datos y administrarlos de acuerdo con las necesidades de los propietarios de los departamentos. Esta infraestructura ayuda a los propietarios, administración y guardianía del edificio a mejorar la confiabilidad y el rendimiento de los bienes, lo cual reduce el uso de la energía, optimiza los inconvenientes de espacio y reduce el impacto ambiental del edificio.

3.1.2 Ubicación, áreas y distribución del edificio

En la provincia de Pichincha, la ciudad de Quito, ubicado entre las calles Av. Naciones Unidas y Av. Amazonas en el sector Iñaquito está ubicado el edificio de la Empresa Consel, la edificación se encuentra en etapa de construcción cuya entrega se tiene planificada para el mes de noviembre del año 2020 y, está constituido con un total de 24 niveles y 7 subsuelos de 7 parqueaderos de 15 metros cuadrados los cuales serán utilizados para estacionamientos vehiculares para los propietarios de los departamentos; los 24 niveles están compuestos por 5, 6 y 7 departamentos de 89 metros cuadrados por nivel de 1, 2 y 3 dormitorios, sala y cocina, por la planta baja se ingresa tanto acceso vehicular y peatonal, el nivel 2 cuenta con 7 oficinas para uso comercial; los niveles del 7 al 10 cuenta con áreas recreativas tales como piscina, gimnasio, área de juegos entre otros. La Tabla 3.1 enseña el plano de distribución del piso modelo que consta del número de departamento, área, tipo y dormitorios. Se ha

tomado como referencia al piso modelo porque el resto de pisos cuenta con igual distribución arquitectónica.

Tabla 3.1 Áreas por departamento tipo en piso modelo

PISO	DPTO	AREA(m2)	TIPO	DORMITORIOS
4	41	87,30	A	2
	42	54,80	E	1
	43	68,80	F	1
	44	64,40	C	1
	45	64,10	D	1
	46	64,10	D	1
	47	64,40	C	1
	HALL			
SUBTOTAL	7	467,90		8

Cantidad de departamentos por piso, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

3.1.3 Cuarto de comunicaciones

Para la ubicación de equipamiento LAN e interconexión tanto como el Backbone y cableado horizontal de la red IoT se cuenta con un cuarto de comunicaciones el cual está sujeto a especificaciones técnicas y la norma ANSI/TIA/EIA569-A establecida.

Entre las características del cuarto de comunicaciones se considera una puerta anti fuego de 0,90 m de ancho, que debe abrirse hacia afuera, piso elevado con resistencia mínima de 4.8 kPA (kilopascal), iluminación de 500 lx ubicados a 2,6 metros del piso, centro de carga eléctrica y UPS (Uninterruptible Power Supply), temperatura de ambiente constante todo el año de 21 grados centígrados y humedad relativa de 30 a 50 por ciento, sistema contra fuego y control de accesos.

El cuarto de comunicaciones está ubicado en el piso 2 para así estar libre ante inundaciones y vibraciones mecánicas del edificio, en la Figura 3.1 se representa el plano con las cotas y ubicaciones para Racks, además se cuenta con un cuarto de control adicional que se utiliza para administrar la red IoT.

[illegible]

Por la distancia y escalabilidad futura en el subsuelo 4 y pisos 3, 5, 8, 11, 14, 18, 21 y 24 del edificio se cuenta con un cuarto secundario de comunicaciones donde van los racks para contener los switches de distribución de pisos, en la Figura 3.2 se presenta las dimensiones y el área suficiente para contener un rack abatible de 12UR (Unidades de Rack) y sus componentes.

Diagrama de un cuarto de comunicaciones secundario. El espacio mide 1.7 m de ancho y 1.6 m de alto. Contiene un rack y una puerta curva.

3.2 DISEÑO FÍSICO DE LA RED IOT

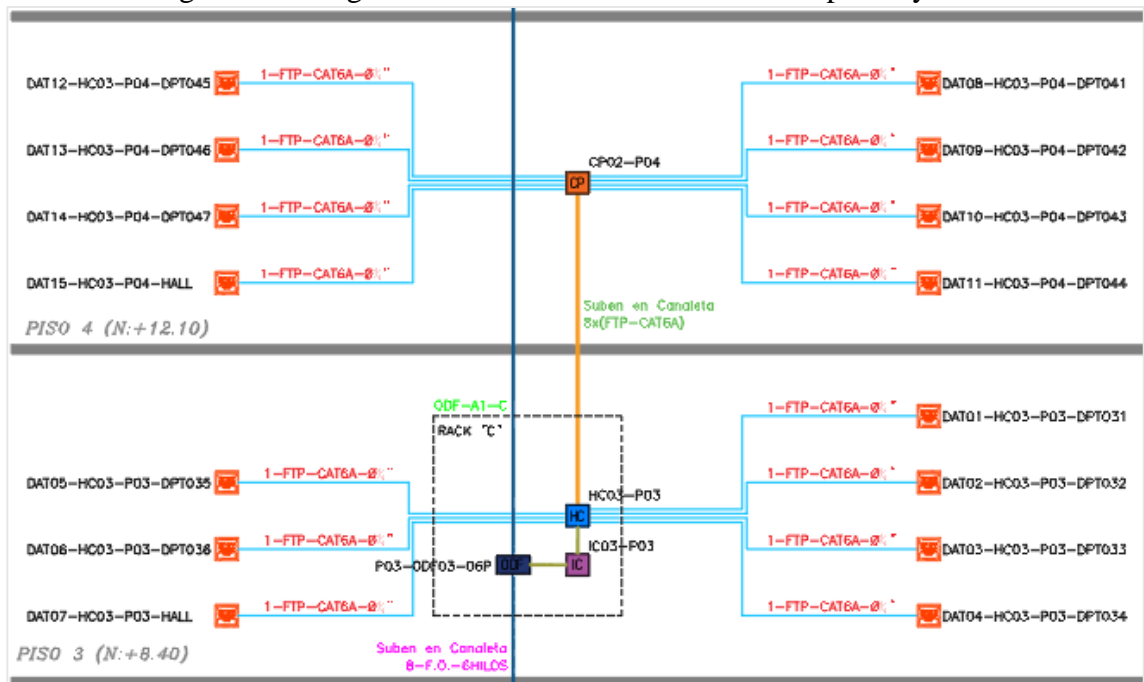
17

3.2.1 Cableado estructurado

La red alámbrica o cableada está constituida por cableado estructurado siguiendo el estándar TIA/EIA/568b siendo la normativa de instalación de cableado en edificios residenciales y rigiéndose por capa 1 IoT descrita en el capítulo 2, para ello se utiliza cable U/FTP CAT6A para enlazar los Access Point que están desplegados en cada departamento de piso, en el ducto de cada piso se dispone de un Rack de cableado horizontal, estos Rack están interconectados con fibra óptica mono modo los cuales se conectan al Rack principal que está localizado en el poso 1 del edificio. En el anexo 6 se puede ver el plano de conexión de piso modelo acotado en metros.

Para realizar el diseño de la red de cableado estructurado se ha tomado como referencia el piso 3 y 4 por contar con los departamentos modelos, en la Figura 3.3 se expone el esquemático vertical para cableado estructurado correspondiente al piso 3 y 4, en el piso 4 cada salida de datos para cada departamento está interconectado a la CP (punto de consolidación) Figura 3.3, en este piso no se cuenta con switch de interconexión, los puntos de datos del piso 4 están interconectados a una HC (conexión cruzada horizontal) en el piso 3 en el cual se cuenta con un rack, switch y ODF (Distribuidor de Fibra Óptica), para el resto de niveles se sigue la misma jerarquía.

Figura 3.3 Diagrama vertical cableado estructurado piso 3 y 4

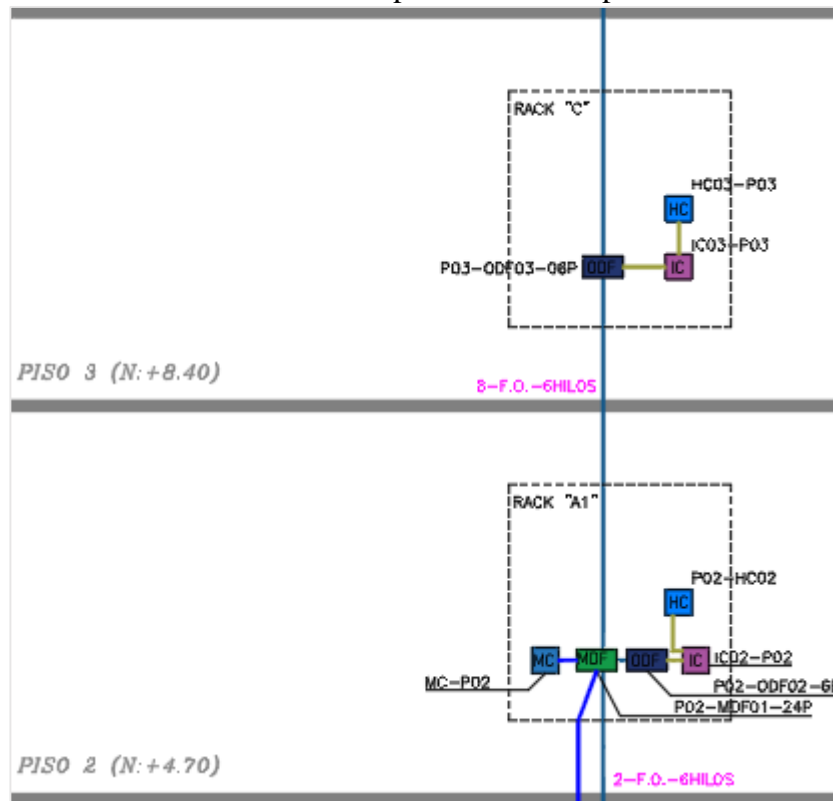


Conexionado de puntos de datos, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

3.2.2 Conexión de Racks mediante enlace de fibra óptica

Para realizar la conexión de racks de distribución se cuenta con enlaces de fibra óptica, se utiliza canaleta metálica tipo escalerilla donde se sujeta la misma para llegar a cada rack respectivo de piso, en la Figura 3.4 se ve el esquema del enlace de fibra óptica para la conexión del Rack “A1” piso 2 al Rack “C” del piso 3. El cable de fibra óptica empleado para el diseño es mono tubo armado dieléctrico multi modo 50/125 OM3 constituido de 6 o 12 fibras de $\varnothing 250\mu\text{m}$ con recubrimiento externo LSZH (Bajo Humo Zero Halógeno), con un alcance de transmisión hasta 4000 metros, con soporte de transmisión a 1500 MHz sobre Km con longitud de onda $\lambda = 850\text{nm}$. (Lightmax, 2019)

Figura 3.4 Interconexión de fibra óptica rack “A1” piso 2 al rack “C” piso 3



Enlace de fibra óptica de racks de comunicaciones primarios y secundarios, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

3.2.3 Red inalámbrica

La red inalámbrica se compone por AP (Access Point), estos están desplegados en cada departamento, y servicios generales tales como pasillos principales, áreas recreativas, subsuelos y terrazas, para así tener una cobertura total y tenga acogida de

la señal el propietario en cualquier parte del edificio. Esta red inalámbrica está vinculada con la red alámbrica para su funcionamiento. En el anexo 7 se puede observar el despliegue de los AP por cada departamento para la representación se ha tomado el piso modelo del edificio. (Fraile, 2018, pág. 2)

3.2.4 Distribución y cantidad de dispositivos IoT Wi-Fi

Para llevar a cabo la simulación de la red IoT se ha propuesto el despliegue de dispositivos IoT Wi-Fi en el piso modelo, la representación se puede apreciar en el anexo 8, los mismos han sido mencionados en el capítulo 2. Cada dispositivo tanto detector de humo, temperatura, movimiento, cámara, cerradura e intercomunicación se encuentra vinculado con una línea sólida a su respectivo Access Point este se conecta al switch de piso mediante cableado estructurado, también se ha trazado un círculo con línea entrecortada para representar a que departamento pertenecen los grupos de dispositivos.

Los dispositivos IoT están ubicados siguiendo el siguiente criterio, los detectores de humo se encuentran en cada dormitorio, sala y comedor, el detector de temperatura se ubica en la cocina, la cámara de vídeo y el detector de movimiento se encuentran en la sala frente a la entrada principal de cada departamento para así cubrir la intrusión del mismo, la cerradura electrónica está en la puerta del acceso de cada departamento, el vídeo portero pulsador se encuentra en la parte exterior cerca de la puerta principal de cada departamento, mientras que el vídeo portero pantalla se encuentra en la cocina y dormitorios para su uso por parte de cualquier residente del departamento. El plano del anexo 9 se ubica los dispositivos en un departamento tipo y en la Tabla 3.2 se puede ver la simbología empleada para representar los dispositivos utilizados para el diseño de la red IoT del edificio.

Tabla 3.2 Simbología de dispositivos IoT

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	DETECTOR DE HUMO
	DETECTOR DE TEMPERATURA
	SENSOR DE MOVIMIENTO
	CÁMARA INTERIOR TIPO DOMO
	CERRADURA ELECTROMAGNÉTICA
	VIDEO PORTERO (PULSADOR)
	VIDEO PORTERO (PANTALLA)
	ACCESS POINT (AP)

Símbolos utilizados para la representación de dispositivos IoT, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

La tabla 3.3 muestra el resumen de la cantidad de dispositivos finales de la red IoT, el cálculo se basa en el despliegue de los mismos en el piso modelo Figura 3.7, el total se obtiene multiplicando por los 17 pisos del edificio y agregando las áreas generales tales como pasillos, áreas recreativas y estacionamientos.

Tabla 3.3 Total de dispositivos IoT

Descripción	Unidad	Cantidad
Detector de Humo (DH/FAD122AW)	u	335
Detector de Temperatura (Y6630D)	u	116
Sensor de Movimiento (ARD1231-W)	u	116
Cerradura Electrónica (WLX-LMIFA-AP-10)	u	128
Cámara de video (N41BL12-W)	u	176
Intercomunicador Pulsador VTO (VTO2111D-WP)	u	115
Intercomunicador Monitor VTH (VTH5241DW)	u	264
Total:	u	1250

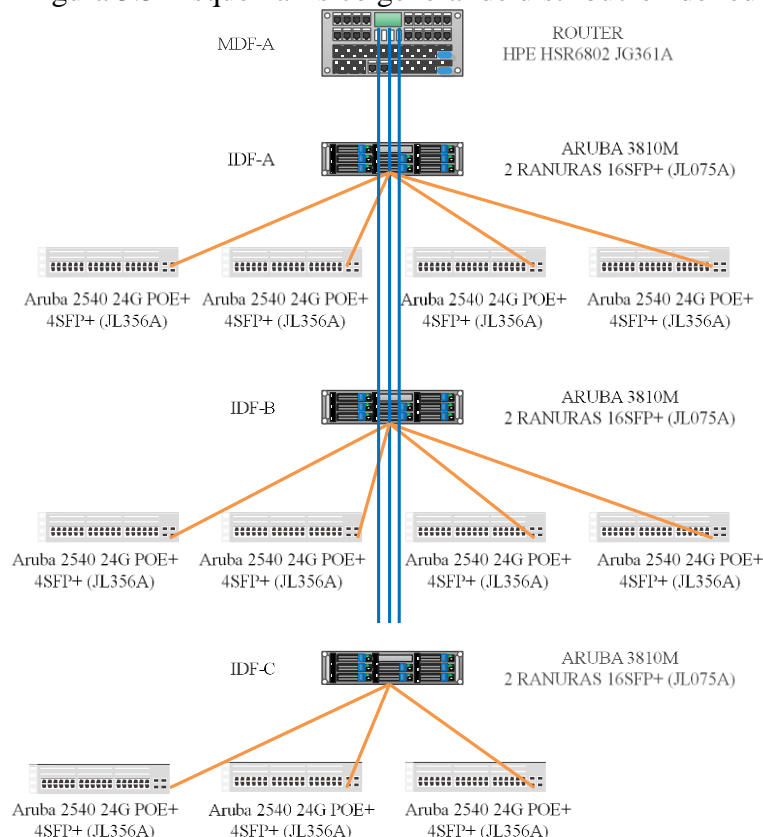
Cantidades de dispositivos IoT utilizados, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

3.2.5 Topología física general

Los diseños físicos de la red se muestra en la Figura 3.5 el cual está basado en el modelo jerárquico de redes el cual cuenta con capa de acceso conecta a los dispositivos IoT y usuarios vía wireless access points, capa de distribución conformada por switches POE (Power Over Ethernet) (Energía sobre ethernet) de capa 2 para

conectividad de Access Point, 3 pisos por switch; capa central de procesamiento compuesta por Routers, Controladores, Switch de capa 3 aquí se conectan los Switches de capa 2, esta etapa representa la capa de Core de la red IoT.

Figura 3.5 Esquema físico general de distribución de red



Representación física de equipos de redes, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

En el anexo 1 se muestra la conectividad física de dispositivos IoT al Access Point aplicados al departamento modelo, en el anexo 2 se muestra la conexión de APs al Switch de capa 2 a través de ethernet, además se muestra la salida de conectividad de fibra óptica hacía el switch L3.

3.3 DISEÑO LÓGICO DE LA RED IOT

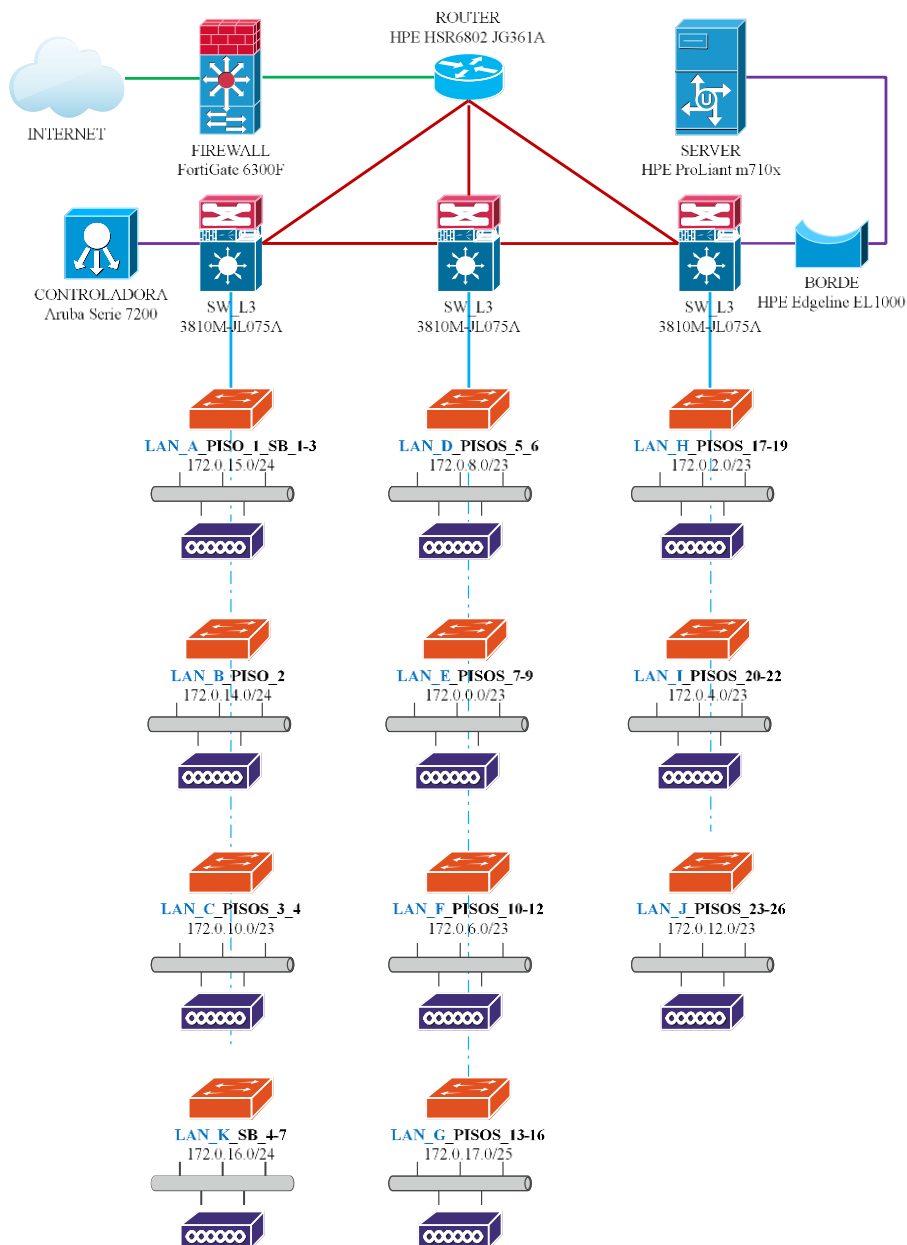
El diseño lógico está compuesto por la parte topológica y el direccionamiento IP.

3.3.1 Descripción topológica

Para una buen desempeño, administración, control, escalabilidad y mantenimiento de la red se crean 11 LAN'S etiquetadas con las letras A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K tal como se puede ver en la Figura 3.6, cada LAN alberga de 2 a 3 pisos del edificio, cada

LAN cuenta con su dirección IP respectiva, las mismas que están unidas a los switches de capa 3 de la capa de core y estos a la vez se encuentran interconectados al router que se emplea para salir al internet.

Figura 3.6 Diagrama lógico para la Red



Diseño lógico de la red IoT, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

3.3.2 Direccionamiento IPv4

En la tabla 3.4 se muestra el direccionamiento IPV4 para cada LAN utilizando la clase B y, considerando un 50% de crecimiento de la red IoT a futuro, además se cuenta con

un rango de direcciones para las interfaces de conexión entre los switches de capa 2, switches de capa 3 y router.

Tabla 3.4 Direccionamiento IPV4

LAN	NOMBRE	RED IPV4
A	PISO 1, SB 1-3	172.0.15.0/24
B	PISO 2	172.0.14.0/24
C	PISOS 3, 4	172.0.10.0/23
D	PISOS 5, 6	172.0.8.0/23
E	PISOS 7-9	172.0.0.0/23
F	PISOS 10-12	172.0.6.0/23
G	PISOS 13-16	172.0.17.0/25
H	PISOS 17-19	172.0.2.0/23
I	PISOS 20-22	172.0.4.0/23
J	PISOS 23-26	172.0.12.0/23
K	SUBSUELOS 4-7	172.0.16.0/24
L	ENLACES	172.0.17.128/26

Cálculo de direccionamiento IPV4 para la red IoT, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

3.3.3 Direccionamiento IPv6

En la tabla 3.5 se muestra el direccionamiento IP para cada LAN recomendado por LACNIC (Registro de Direcciones de Internet de América Latina y Caribe), considerando un 20% de crecimiento de la red IoT del edificio de la empresa Consel.

Tabla 3.5 Direccionamiento IPV6

LAN	NOMBRE	RED IPV6
A	PISO 1, SB 1-3	2019:DB8:1:1::/48
B	PISO 2	2019:DB8:1:2::/48
C	PISOS 3, 4	2019:DB8:1:3::/48
D	PISOS 5, 6	2019:DB8:1:4::/48
E	PISOS 7-9	2019:DB8:1:5::/48
F	PISOS 10-12	2019:DB8:1:6::/48
G	PISOS 13-16	2019:DB8:1:7::/48
H	PISOS 17-19	2019:DB8:1:8::/48
I	PISOS 20-22	2019:DB8:1:9::/48
J	PISOS 23-26	2019:DB8:1:A::/48
K	SUBSUELOS 4-7	2019:DB8:1:B::/48
L	ENLACES	2019:DB8:1:C::/48

Cálculo de direccionamiento IPV6 para la red IoT, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

3.4 CANTIDAD DE EQUIPAMIENTO NETWORKING

La Tabla 3.6 muestra la cantidad de equipos a utilizar para el impulso de la red.

Tabla 3.6 Aparatos utilizados en diseño

EQUIPO	CANTIDAD	MODELO
FIREWALL	1	FortiGate 6300F
SERVIDOR	1	HPE ProLiant m710x
BORDE	1	HPE Edgeline EL1000
CONTROLADOR	1	ARUBA SERIE 7200
ROUTER	1	HPE HSR6802 JG361A
SWITCH L3 (Core)	3	ARUBA 3810M (JL075A)
SWITCH L2 POE	11	ARUBA 2540 (JL356A)
PUNTOS DE ACCESO	187	ARUBA SERIE 510

Descripción de elementos de red, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

3.5 DISEÑO DE SEGURIDAD DE LA RED IOT

El diseño de la seguridad del edificio de la empresa Consel, se enfoca aspectos de seguridad física y lógica.

3.5.1 Seguridad Física

Una de las principales amenazas físicas que puede suceder en una red, es la del robo o daño de los dispositivos (IOT Fundamentals, 2017, pág. 562). Al diseñar una red de IoT, los dispositivos inalámbricos como puntos de acceso o terminales de la red son abundantes por lo que dentro del perímetro del edificio pueden sufrir daño causado por el mal manejo físico o deterioro de los mismos, por lo que la seguridad física de la red dispone de cuartos de telecomunicaciones estratégicamente colocados, salvaguardando los dispositivos físicos más importantes en la red como los routers o switch de distribución y núcleo. Dispositivos de la red IoT como cámaras de seguridad, cerradura eléctrica, detectores de humo, temperatura y movimiento ayudan a la detección de intrusos en áreas restringidas del edificio. Las seguridades de los cuartos de telecomunicaciones se encuentran descritos en la sección 3.1.3 de Infraestructura del edificio.

3.5.2 Seguridad Lógica

Un objetivo de la seguridad lógica es la de salvaguardar los datos que se encuentran circulando en una red, para prevenir ataques cibernéticos (IOT Fundamentals, 2017, pág. 313). Los ataques pueden ser internos o externos, para solventar el sistema de seguridad y el acceso a la red, el edificio consta con los puntos de acceso que dispongan de sistemas de encriptación complejo y demás características previamente

mencionadas, facilitando la administración de la red con soluciones propias de la marca de los dispositivos a utilizar.

La utilización de soluciones de appliance permite la integración de visibilidad y seguridad de tráfico interno y externo en una red, permite la utilización de herramientas IPS/IDS que son conocidas como Prevención de intrusos/ Detección de intrusos que se encuentra en un firewall de nueva generación (IOT Fundamentals, 2017, págs. 339-340). El equipo seleccionado para este propósito es FortiGate 6300F permitiendo dar seguridad a la red.

3.6 DISEÑO DE LA RED INTERNET DE LAS COSAS EN BASE A LA ARQUITECTURA IOTWF

Para este diseño se aplica la arquitectura IoTFW:

3.6.1 Capa 1: Dispositivos físicos y controladores

Los dispositivos finales para seguridad del edificio de la empresa Consel parten de detectores de humo, detectores de temperatura, detectores de movimiento, cerraduras eléctricas, intercomunicador monitor, intercomunicador pulsador y cámaras de video. Los equipos se mencionan en la sección 2.4 del capítulo 2. Son los elementos seleccionados de seguridad IoT y se aplica a esta capa.

3.6.2 Capa 2: Conectividad

La conexión de la red pasa desde los terminales finales por medio del punto de acceso Aruba 510, que permite la conexión de los dispositivos a la red IoT. Los puntos de acceso van a los switches de distribución 3810M JL075A permitiendo el tráfico entrante de los dispositivos IoT wifi.

3.6.3 Capa 3: Análisis de datos y Transformación

La integración de los dispositivos para computación de borde mediante el equipo Aruba HPE Edgeline EL1000 Converged Edge System, que permite la captura y control de datos que se encuentra en la red. En la Figura 3.7 se muestra el equipo.

Figura 3.7 Dispositivo de computación de borde de la compañía Aruba



Vista general de Aruba HPE Edgeline EL1000 Converged Edge System. (Aruba, 2019)

Este dispositivo permite ser colocado y trabajar con el core en el manejo del tráfico, permitiendo que el filtrado de datos hacia las capas superiores sea más eficiente.

3.6.4 Capa 4: Acumulación de datos

El alojamiento de la información por parte de los dispositivos de seguridad IoT en los departamentos utilizara HPE ProLiant m710x Server Blade, el cual se encuentra diseñado para dar solución a la acumulación de datos a nivel industrial. En la Figura 3.8 se aprecia físicamente al dispositivo.

Figura 3.8 Dispositivo HPE ProLiant m710x Server Blade



Vista general del HPE ProLiant m710x Server Blade. (Aruba, 2019)

El trabajo de la acumulación de datos se encuentra respaldado por la empresa Hewlett Packard Enterprise basándose en el uso y manejos de información a nivel industrial IoT.

3.6.5 Capa 5: Abstracción de datos

La información que ingresa a la red IoT a través de diferentes terminales necesita ser contenida y almacenada, para este propósito la empresa Aruba trabaja con dispositivos

como Edgeline EL1000 que es el que se menciona anteriormente en la capa 3 de computación de borde. Las funcionalidades de los dispositivos de Aruba permiten que la abstracción de datos sea factible y ayude al control y manejo de la red IoT wifi. La plataforma HPE Edgeline OT Link posee las características necesarias para la convergencia de la red. En el siguiente enlace se puede acceder a información adicional sobre dispositivos y software.

3.6.6 Capa 6: Aplicación

Para el manejo de aplicaciones se utiliza HPE Edgeline OT Link Software, que consta de una estandarización de 4 etapas. La conexión se encarga de conectar los dispositivos a la red, recopilación permite la adquisición de datos de los terminales IoT. El análisis permite que los datos sean visualizados por medio de programación en Python, que sea compatible con tecnologías operativas. Por último, el extender, que se encarga de llevar la información a una nube que sea posible el acceso para el cliente para poder desarrollar un esquema en el software que sea fácil de administrar y el uso en dispositivos inteligentes como Smartphone o Smart tv entre otros. (Enterprise)

3.6.7 Capa 7: Colaboración y procesos

La escalabilidad en la administración de la red IoT Wifi por medio de dispositivos de Aruba HPE ProLiant m710x Server Blade y HPE Edgeline EL1000 Converged Edge System permite que converja la información en aplicaciones, permitiendo una administración remota ya que tiene una nube donde se almacena los datos que atraviesan la red, con soluciones de tecnología operacional permiten supervisar eventos y procesos que surgen en la red IoT.

3.7 CALIDAD DE SERVICIO QOS DE LA RED IOT

Tomando en cuenta que una red de dispositivos IoT se caracteriza por la convergencia de múltiples dispositivos, los parámetros de calidad de servicio dependen de ellos, en una red IoT no se encuentra estandarizada la calidad de servicio, ya que se pueden considerar diferentes métricas para este proceso, de tal modo que diferentes investigadores están discutiendo la manera de abordar calidad de servicio en una red IoT, mencionando que se pueden llegar agrupar en QoS de comunicación, QoS de cosas y QoS de computación de nube. Para el planteo del presente trabajo de titulación se recomienda emplear QoS en comunicación enfocados en parámetros de retardo,

rendimiento, carga, retardo de acceso al medio y pérdida de paquetes (Manisha Singh, Gaurav Baranwal, 2018).

Los parámetros de QoS en el uso de servicios diferenciados (DiffServ) parten de las ideas siguientes: lo primero que entra, lo primero que sale, en inglés abreviado como (FIFO), prioridad de encolamiento en inglés abreviado como (PQ) así como espera equitativa ponderada en inglés abreviado como (WFQ). Un estudio publicado por IEEE (Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica) en 2018 comparando los tipos de encolamiento PQ, FIFO y WFQ en una red IoT mismo que cuenta con telefonía de voz sobre IP, servidor de protocolo de transferencia de archivos en inglés abreviado como (FTP) y un servidor de video arrojaron resultados que el encolamiento PQ y WFQ tienen mejor resultado sobre FIFO en características de retardo, jitter, tráfico recibido y tráfico perdido. Por lo tanto, la espera equitativa ponderada (WFQ) es la técnica de encolamiento que se recomienda utilizar en la simulación de la red IoT para el edificio de la empresa Consel, permitiendo que los dispositivos que envían la información alrededor de la red, se encuentren etiquetados con AF13 para video, AF12 para base de datos y EF como máximo esfuerzo para identificar los dispositivos IoT. (Mujahid Tabassum, Kinisi Marama Tikoicina, Emra Huda, 2018).

En la tabla 3.7 se muestra la planificación y distribución de calidad de servicio para la red IoT wifi de la empresa Consel, tomando en cuenta que por la red circule tráfico de servidores de base de datos, ftp, video en línea y a su vez los dispositivos IoT y dispositivos convencionales como televisores Smart, celulares y computadoras, donde el tráfico de video streaming va a tener mayor excelente esfuerzo, seguido del tráfico de los sensores IoT y los terminales finales de los usuarios en los departamentos (IOT Fundamentals, 2017, pág. 64).

Tabla 3.7 Clases de calidad de servicio

PRIORIDAD	SERVICIOS
Datos críticos	Datos de la red IoT
Excelente esfuerzo	Base de datos, ftp, video streaming
Mejor esfuerzo	Datos de terminales que no son IoT

Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

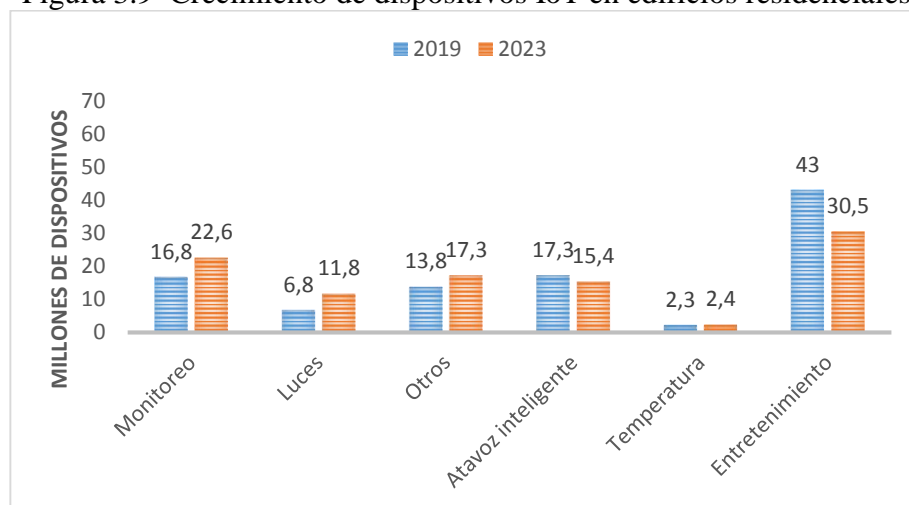
Adicionalmente la calidad de servicios seleccionada es compatible con los Switch Aruba 3810M JL075A.y Access Point Aruba 510, basados en el estándar IEEE 802.1P, el cual permite dar prioridad al tráfico en la red por medio de clases. El mecanismo de

servicios diferenciados permite que se utilicen diferentes tipos de clases para el manejo de tráfico en una red, por lo que es aplicable en calidad de servicios en la red IoT del edificio de la empresa Consel (James F. Kurose, Keith W. Ross, 2016, pág. 648).

3.8 ESCALABILIDAD DE LA RED IOT

La escalabilidad de la red se enfoca a un crecimiento futuro de terminales, en la red internet de las cosas (IoT) para el edificio de la empresa Consel el diseño planteado es para 1844 terminales IoT ubicados en los departamentos, pasillos y parqueaderos del edificio, la red actual planteada tiene la capacidad máxima de 230912 dispositivos que pueden acceder a la red tomando en cuenta que los dispositivos AP de Aruba son diseñados para soportar 512 clientes dependiendo del ambiente en que se coloquen los puntos de accesos inalámbricos, adicionalmente la red parte de 11 switch de 24 puertos teniendo un total de 451 puertos de red PoE. El crecimiento de terminales IoT se considera un 20% basado en estadísticas e informes a nivel mundial del mercado de dispositivos IoT, 832.7 millones de dispositivos registrados hasta marzo de 2019, que comprenden cámaras de video, alarmas, termostatos y otros. Denotando cifras futuras para 2023 un crecimiento general de 16.9% de dispositivos IoT (Adam Wright, Jitesh Ubrani, Michael Shirer, 2019). En la Figura 3.9 se muestra el crecimiento en dispositivos inteligentes comunes para edificios residenciales, dando como resultado un aumento significativo del consumo de monitores de video, luces, sensores de temperatura, entretenimiento y otros tipos de dispositivos inteligentes para el hogar.

Figura 3.9 Crecimiento de dispositivos IoT en edificios residenciales



Estimación de demanda en dispositivos IoT para edificios. (Adam Wright, Jitesh Ubrani, Michael Shirer, 2019)

Los equipos que permiten la conectividad poseen direccionamiento IPv4 e IPv6, con la finalidad de soportar un número que duplique la cantidad de terminales planteados anteriormente. La utilización del protocolo IP proporciona una escalabilidad en el aumento masivo de dispositivos IoT que pueden aumentar con el paso del tiempo (IOT Fundamentals, 2017, pág. 207).

CAPÍTULO 4

SIMULACIÓN DE LA RED INTERNET DE LAS COSAS

En esta sección se documenta la simulación y el análisis del flujo de información en la red con y sin dispositivos IoT mediante el software OPNET.

4.1 ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE LA RED IOT

Se implementa dos escenarios el primero cuenta con dispositivos tradicionales, y el segundo escenario se agrega los dispositivos IoT partiendo de configuraciones previas en el software Opnet.

4.1.1 Características y parámetros de los escenarios de la red IoT

Las características de la red en ambos escenarios se encuentran detallado en la Tabla 4.1, ya que el aumento de los dispositivos de IoT permiten un mayor control y seguridad en los departamentos.

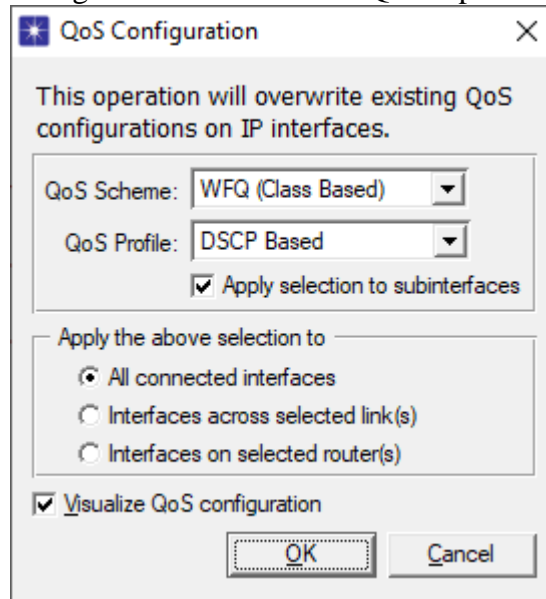
Tabla 4.1 Características de simulación

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Servicios	Transferencia FTP (pesado) Video en línea (pesado) Base de datos (pesado)
Rango de tiempo de simulación	La simulación parte de tiempo uniforme 0 a 10000 segundos
Tráfico	Tráfico general (web, mail, juegos) Tráfico de Streaming (Smart tv) Tráfico IoT (terminales IoT)
Calidad de servicio	WFQ
Promedio de Paquetes	Dispositivos IoT 100 bytes. TV 900 bytes. Dispositivos generales (celulares, pc, tablet) 1000

Tabla de características para la simulación en OPNET, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

Para la simulación en Opnet, es necesario colocar en los atributos que tipo de calidad de servicio se va aplicar, en el caso del presente proyecto se selecciona WFQ, ya que se etiqueto los datos de los diferentes elementos que hay en la red simulada. En la Figura 4.1 se indica la selección del tipo de QoS que se va a simular en el software Opnet.

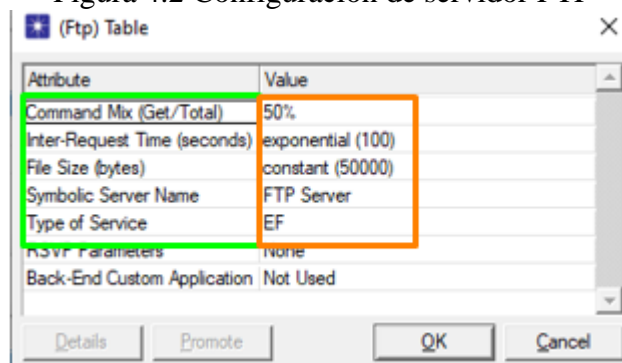
Figura 4.1 Selección WFQ en Opnet



Parámetros de calidad de servicio en Opnet, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

Adicionalmente para la configuración de QoS es necesario seleccionar el porcentaje en que el evento o flujo de datos va atravesar la red que oscila de 0 a 100%, seguido del tipo de algoritmo que proporcionado para Opnet en el cual selecciona exponencialmente ya que oscila en función al tiempo de simulación. El tamaño de paquetes que circulan la red puede ser constante ya que se plantea un escenario que demande el manejo de información a cada momento. El tipo de datos se lo selecciona dependiendo del servicio que se va simular, ya sea ftp, video, datos, etc. Son los parámetros que se configuran individualmente en cada servidor en la simulación, como se puede observar en la Figura 4.2 que es la configuración de servidor FTP.

Figura 4.2 Configuración de servidor FTP



Parámetros de configuración de servidor FTP en Opnet, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

En la Tabla 4.2 se enlista los parámetros a ser analizados en la simulación, posteriormente se muestra las gráficas de los datos para el estudio respectivo.

Tabla 4.2 Parámetros a ser evaluados

ITÉM	PARÁMETRO
1	RETARDO/DELAY (WLAN)
2	RENDIMIENTO/THROUGHPUT (WLAN)
3	CARGA/LOAD (WLAN)
4	PÉRDIDA DE PAQUETES/DATA DROPPED (WLAN)
5	RETARDO DE ACCESO AL MEDIO/ MEDIA ACCESS DELAY

Características a considerar en la simulación, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

4.1.2 Primer Escenario

La implementación del primer escenario constara de dispositivos de comunicación tales como computadores personales, Smart TV, celulares, tabletas, en la Tabla 4.3 se presenta las cantidades de dispositivos utilizados para la simulación.

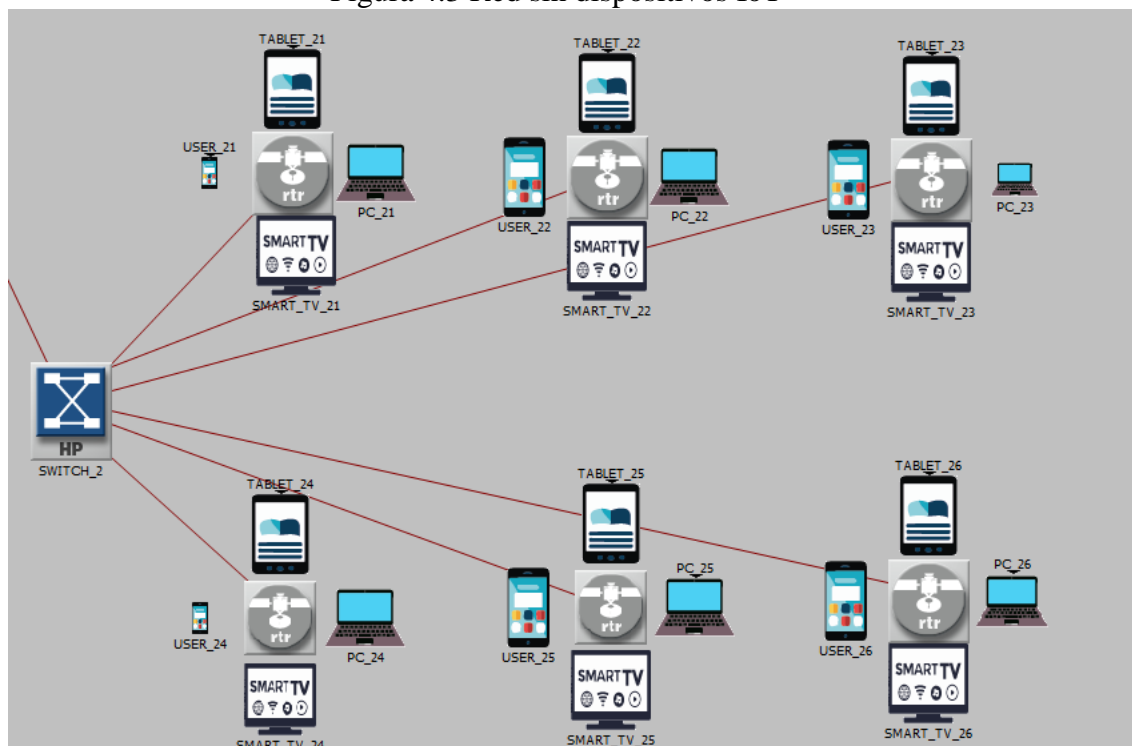
Tabla 4.3 Cantidad de equipos a utilizar en la simulación.

DISPOSITIVOS	CANTIDAD
Smart TV	118
Computador Personal PC	122
Celular	271
Tableta	118
TOTAL:	629

Equipos tradicionales del primer escenario, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

Cada nivel abarca 7 Access Point, de los cuales 6 son para los departamentos y 1 para el pasillo de ascensores, gradas y acceso a los departamentos, los Access Point están conectados a través de la interfaz ethernet 1000BaseT al Switch L2, por cada Access Point está enlazado un celular, una computadora personal, una tableta los cuales transmiten datos por medio inalámbrico Wi-Fi. En la Figura 4.3 se aprecia la red LAN B antes mencionada para su análisis en base a los parámetros de la Tabla 4.2.

Figura 4.3 Red sin dispositivos IoT



Escenario sin dispositivos IoT, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

4.1.3 Segundo Escenario

La implementación del segundo escenario constara de dispositivos IoT tales como detectores de humo, detectores de temperatura, detectores de movimiento, cerraduras eléctricas, intercomunicadores monitor y pulsador, en la tabla 4.4 se presenta las cantidades de dispositivos utilizados para la simulación.

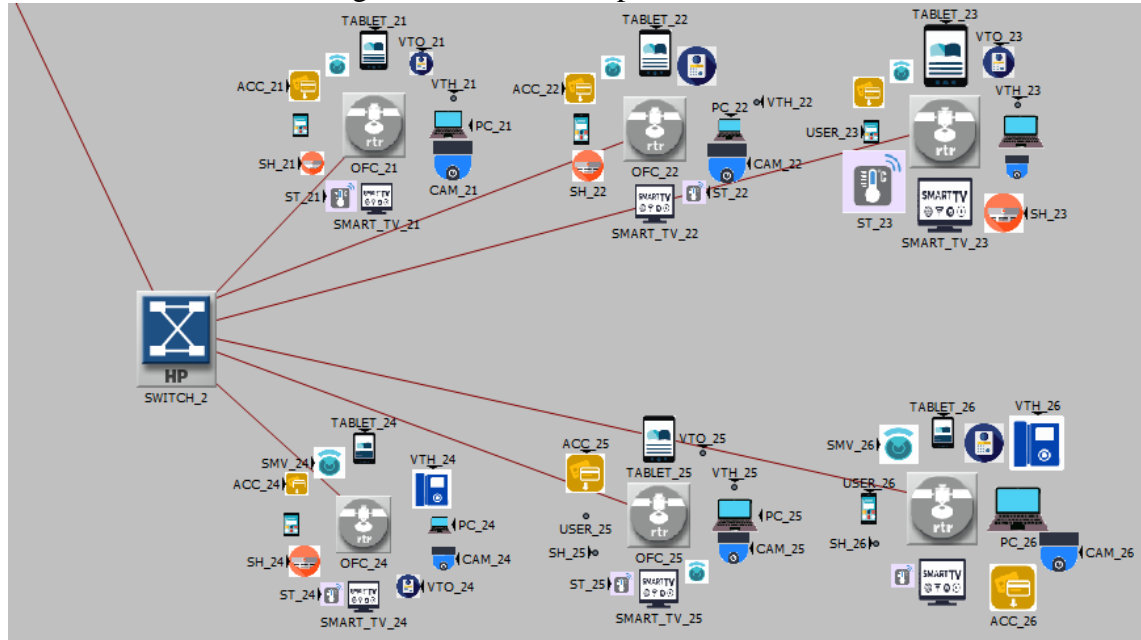
Tabla 4.4 Cantidad de equipos IoT a utilizar en la simulación

DISPOSITIVOS	CANTIDAD
Smart TV	118
Computador Personal PC	122
Celular	271
Tableta	118
Detectores de temperatura	166
Detectores de humo	335
Detectores de movimiento	116
Cerraduras eléctricas	128
Intercomunicadores monitor	216
Intercomunicadores pulsadores	115
Cámaras de video	139
TOTAL:	1844

Equipos de dispositivos IoT utilizados en el segundo escenario, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

En la Figura 4.4, se aprecia la red IoT, la cual parte del mismo principio del primer escenario adicionando los dispositivos IoT que se encuentran desplegados en los departamentos.

Figura 4.4 Red con dispositivos IoT



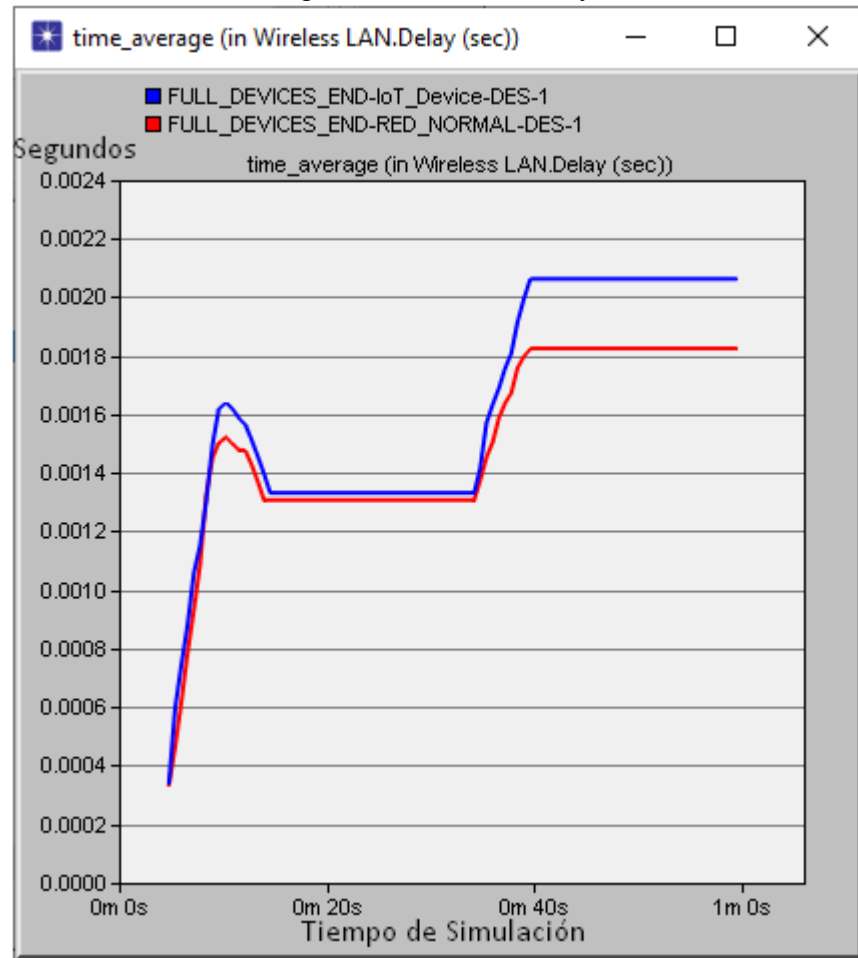
Escenario con dispositivos IoT en software Opnet, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

4.2 RESULTADOS DE SIMULACIÓN EN ESCENARIO 1 Y 2

4.2.1 Retardo (delay)

En la Figura 4.5 se observa el retardo, la línea de color azul denota el escenario de la red IoT, la línea del color rojo denota el escenario sin equipos IoT, el máximo retardo en la red sin equipos IoT es de 0,0018s, y el retardo con equipos IoT es 0,0021s. hay un incremento del retardo en la red IoT en un 14%. Debido al aumento de dispositivos que existe en la red.

Figura 4.5 Retardo(delay)

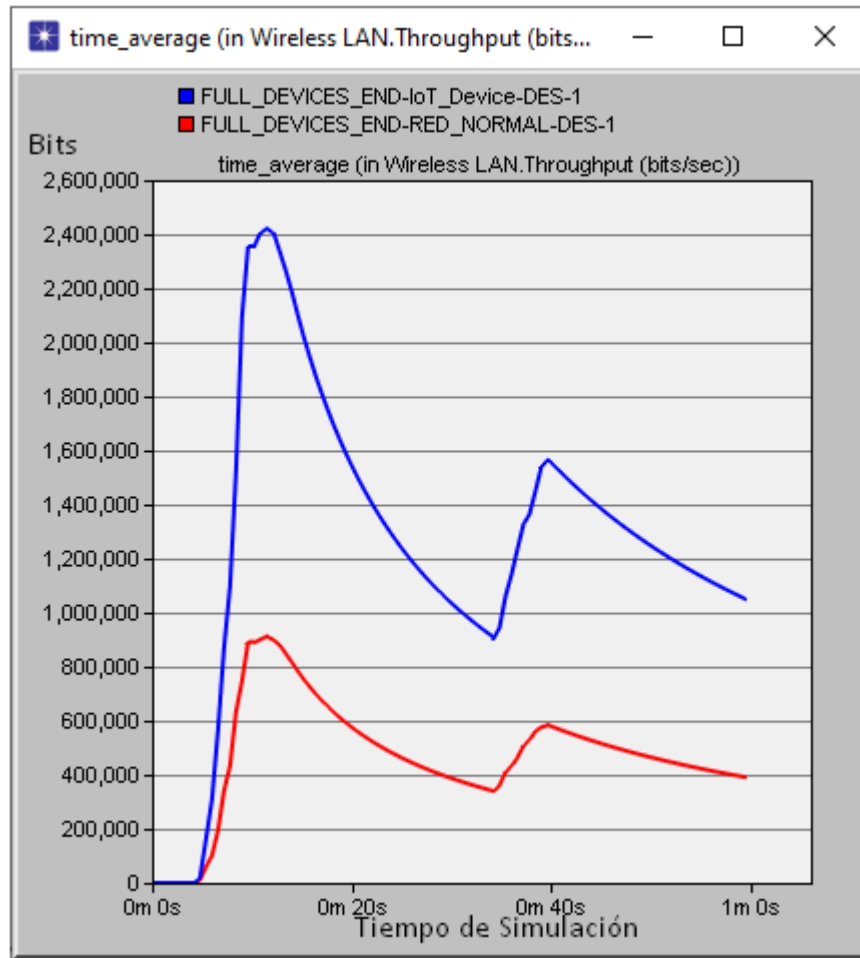


Resultados de retardo obtenido en Opnet, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

4.2.2 Rendimiento (throughput)

Para la figura 4.6 muestra el rendimiento en la red, la línea de color azul denota el escenario de la red IoT, la línea del color rojo denota el escenario sin equipos IoT, el rendimiento que refleja la simulación va de 390 Kbps a 1,05 Mbps de un total de 1 Gbps disponible en la red, beneficiándose del aumento 62,5% de rendimiento de la red, ya que la información generada por los dispositivos IoT circula sin inconvenientes.

Figura 4.6 Rendimiento(Throughput)

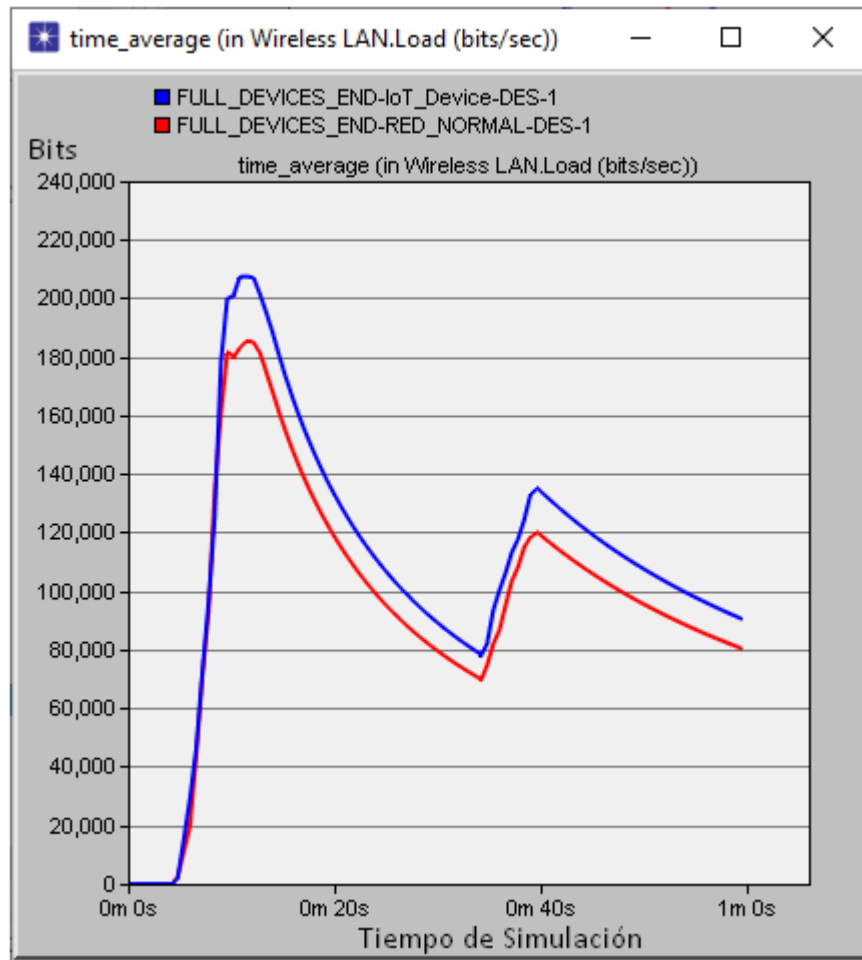


Resultados de rendimiento obtenido en Opnet , Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

4.2.3 Carga de red (Load)

La Figura 4.7 obtenida de la carga de paquetes en la red, la línea de color azul denota el escenario de la red IoT, la línea del color rojo denota el escenario sin equipos IoT. La carga en la red va de 80,4 kbps a 90 kbps, predominando el escenario IoT, el porcentaje de carga aumento a 11,9%, permitiendo que los paquetes circulen sin inconvenientes en la red. La calidad de servicio permite que el trafico sea filtrado y sede prioridad a paquetes de los dispositivos IoT sobre el resto de la red.

Figura 4.7 Carga/Load

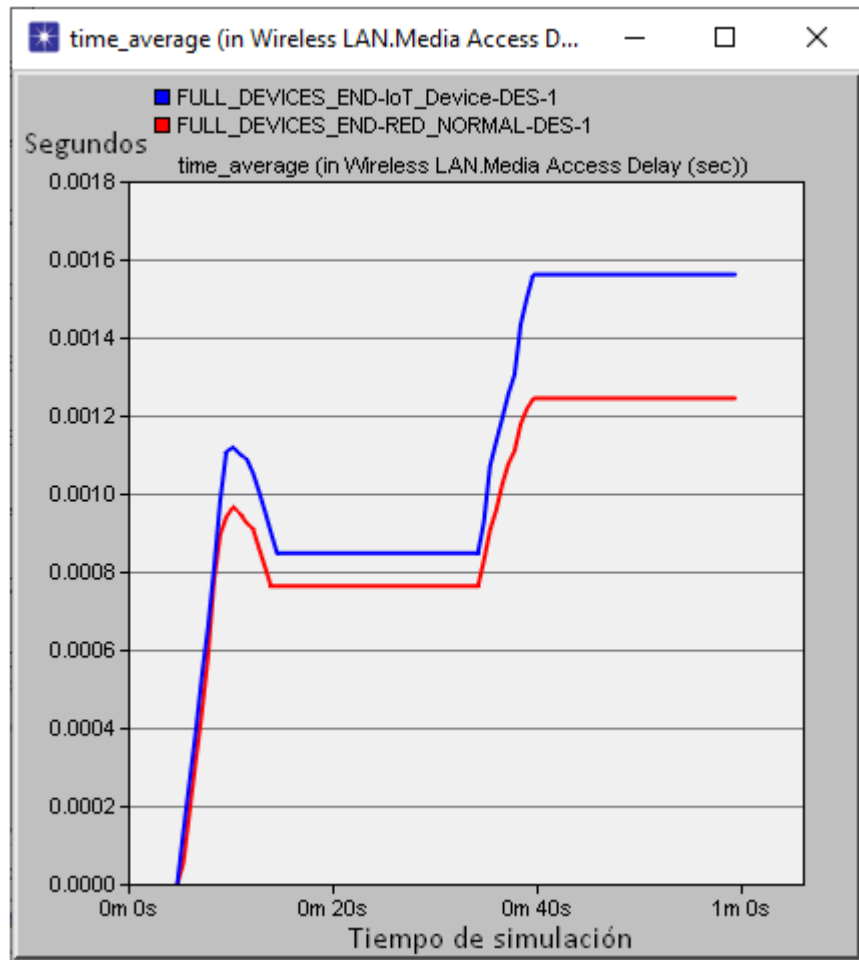


Resultados de carga obtenido en Opnet , Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

4.2.4 Demora de acceso al medio (media access)

La Figura 4.8 de retardo de acceso al medio, la línea de color azul denota el escenario de la red IoT, la línea del color rojo denota el escenario sin equipos IoT. Con 0,0012 a 0.0015 segundos de retardo de encolamiento y demás demoras que tienen los terminales al querer acceder a la red. Así como la demora producida por ACK y pedidos de MAC utilizados en el protocolo 802.11e de la red inalámbrica.

Figura 4.8 Demora de acceso al medio/Media Access Delay

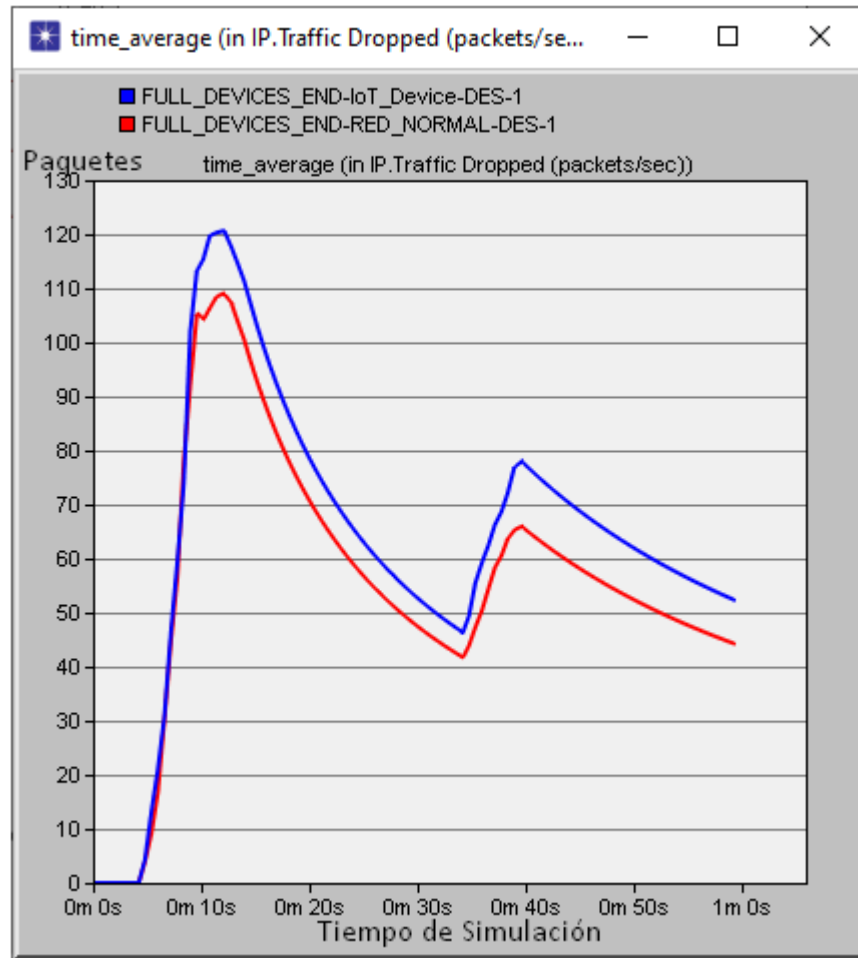


Resultados de demora de acceso al medio obtenido en Opnet, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

4.2.5 Paquetes perdidos (traffic Dropped)

La Figura 4.9 es la pérdida de paquetes, la línea de color azul denota el escenario de la red IoT, la línea del color rojo denota el escenario sin equipos IoT. El primer escenario empieza con pérdidas superiores al inicio de la simulación de hasta 121 paquetes por segundo, pero se estabiliza a no superar los 52 paquete por segundo, dando como resultado una disminución de 57,01%. De esta manera beneficiando al trabajo de calidad de servicio planteado para la red, mejorando el rendimiento y evitando la pérdida de paquetes, considerando el manejo de información elevada que atraviesa la red de inicio a fin.

Figura 4.9 Pérdida de paquetes



Resultados de paquetes perdidos obtenido en Opnet, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

CAPÍTULO 5

FACTIBILIDAD DE COSTE PARA LA RED WIFI

Este capítulo conforma el estudio de factibilidad de precios para la ejecución de la red. Además, se calcula la inversión inicial, ingreso de implementación, el valor actual (VAN), tasa de retorno (TIR) y recuperación del capital (PRC).

5.1. ANÁLISIS DE PRECIOS DE IMPLEMENTACIÓN FUTURA DE LA RED IOT

El subcapítulo contiene los costos que incluyen como el de materiales, de instalación en dólares. Para calcular tanto el costo de materiales, instalación se considera el APU (Análisis de Precios Unitarios) mediante el cual permite determinar el precio unitario, cantidad de insumos requeridos para cada concepto considerado en materiales, así mismo permite determinar la mano de obra las personas y tiempo necesario para realizar la instalación de cada rubro.

5.1.1. Costos de materiales

Para el análisis de costos de materiales se parte de todos los rubros considerados en la red, los mismos que se encuentran en el anexo 3, utilizando el APU Tabla 5.1 se realiza el respectivo cálculo de cada rubro el cual está compuesto tanto por la cantidad y costo de insumos el cual da el valor unitario del rubro, este se coloca en el precio unitario en el anexo 3 y se multiplica por la cantidad del rubro, este da el valor total, en este caso se utiliza el rubro 1 (código APU), para el resto de rubros se sigue la misma secuencia y se obtiene el costo total de materiales.

Tabla 5.1 Análisis de costos de materiales

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				Código N:	1
RUBRO				UND.	m
TUBERIA EMT 3/4", INCLUYE ACCESORIOS DE CONEXIÓN Y ANCLAJES MATERIALES					
Descripción	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C=A*B	
TUBERIA EMT 3/4"	m	1,00	1,82	1,82	
UNION EMT 3/4	u	0,03	0,30	0,01	
ABRAZADERA EMT 3/4"	u	0,50	0,08	0,04	
CONECTOR EMT 3/4"	u	0,50	0,44	0,22	

CLAVO DE 1" HILTI PARA DISPAROS Y TUBERIA EMT	u	0,50	0,01	0,00
FULMINANTES PARA PISTOLA HILTI DE 10 DISPAROS	u	0,50	0,15	0,07
		SUB-TOTAL (O)	(USD.)	2,164751

Descripción de insumos de rubro, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

5.1.2. Costos de instalación

Para obtener el coste de instalación de cada rubro se utiliza el APU de la Tabla 5.2 mediante el cual permite evaluar las personas necesarias y el tiempo necesario para realizar la instalación de cada rubro, este costo unitario se lo inserta en la parte de precio unitario del Anexo 4 del rubro 1 (código de APU) considerado para este caso, para el resto de rubros se procede a realizar el mismo proceso obteniendo así el precio total de instalación.

Tabla 5.2 Análisis unitario de instalación de rubros

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS		Código N:	1
RUBRO		UND.	m
TUBERIA EMT 3/4", INCLUYE ACCESORIOS DE CONEXIÓN Y ANCLAJES			
COSTO DE INSTALACIÓN			
Descripción	Costo/Hora	Hora/Hombre	COSTO TOTAL
	C	R	D=C*R
AYUDANTE ELECTRICISTA	3,816	0,08	0,31
ELECTRICISTA	3,864	0,08	0,31
MAESTRO ELECTRICISTA	4,284	0,08	0,34
	0	0,24	0,00
		SUB-TOTAL (N)	(USD.)
			0,96

Representación de análisis de instalación de rubros, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

La tabla 5.2 muestra la evaluación para la instalación de un metro de tubería, se considera 3 personas con un costo de hora cada una basado en un sueldo básico aproximado, además de un cargo diferente, para un metro de tubería se estima que se necesita 0,08 horas/hombre por cada persona, esto quiere decir que se requiere 0,24 horas/hombre para instalar el metro de tubería, que viene a ser aproximadamente 14,4 minutos. Para determinar el costo unitario de instalación basta con multiplicar el costo/hora por hora/hombre y realizar la suma correspondiente.

5.1.3. Costo total de materiales e instalación

En la Tabla 5.3 se ubica el valor total referencial de materiales e instalación de la red, lo cual se basa en los costos totales de materiales e instalación elaborados en los Anexos 3 y 4.

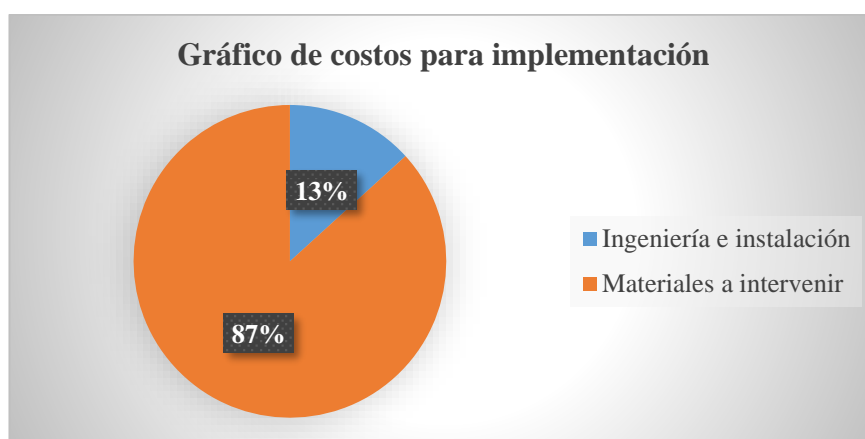
Tabla 5.3 Costos total de materiales e instalación de la red IoT

COSTO TOTAL DE MATERIALES Y INSTALACIÓN DE LA RED IOT			
ITEM	Descripción	Subtotal (USD.)	Observaciones
1	Materiales a intervenir	347.282,72	Para toda la Red
2	Ingeniería e instalación	56.723,30	Para toda la Red
	TOTAL:(USD.)	404.006,02	

Representación de costos de materiales e instalación, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

En la Figura 5.1 se muestra el grafico de las proporciones de valores calculados para la construcción de la red IoT.

Figura 5. 1 Gráfico de valores de implementación de red



Porcentajes de materiales e instalación, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

5.1.4. Ingreso de la oferta de la red IoT

Como punto de partida para poder crear los ingresos de la oferta de la red IoT se adiciona un costo de \$4000,00 por departamento, en la Tabla 5.4 se ve los números de apartamentos vendidos, esta cantidad se multiplica por costo adicional y se saca el costo total por cuatrimestre. Este ingreso se emplea para realizar el flujo de proyecto y la obtención de los indicadores de proyecto.

Tabla 5.4 Ingresos por implementación de la red IoT

Variables	Descripción	Cuatrimestres			
		1ro	2do	3ro	4to
C	Núm. de departamentos	30	25	26	34
D	Monto de recuperación	4.000,00	4.000,00	4.000,00	4.000,00
$E=C*D$	Total (USD.)	120.000,0	100.000,0	104.000,0	136.000,0

Análisis de ingreso de la oferta para la red IoT, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

5.1.5. Egreso por mantenimiento y operación

El egreso por mantenimiento está compuesto de acuerdo se va realizando la venta de departamentos Tabla 5.6, se multiplica por el costo de mantenimiento el cual se obtiene según el análisis de la Tabla 5.5, donde se considera cuatro parámetros básicos para la elaboración del mismo.

Tabla 5.5 Análisis de costo por mantenimiento

Detalle de costo por mantenimiento		
Variables	Descripción	Costo Unitario
M	Mantenimiento	6,00
I	Insumos para mantenimiento	2,71
H	Herramientas	1,50
C	Capacitaciones	4,50
$T=M+I+H+C$	Total (USD.)	14,71

Composición de costo por mantenimiento, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

Tabla 5.6 Egreso por mantenimiento de la red

Operación y mantenimiento de la red IOT					
VAR.	DESCRIPCIÓN	CUATRIMESTRES			
		1ro	2do	3ro	4to
-	Número de departamentos	30	25	26	34
H	Total de departamentos en mantenimiento	30	55	81	115
K	Costo por departamentos por cuatrimestre	14,71	14,71	14,71	14,71
$B=H*K$	Total (USD.)	441,30	809,05	1.191,51	1.691,65

Análisis de egreso de la red por mantenimiento, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

5.2. INDICADORES DE EVALUACIÓN DE UN PROYECTO

Para poder ver que tan factible es el proyecto para la implementación de la red IoT del edificio de la empresa Consel se utiliza los indicadores detallados a continuación. Las ecuaciones se representan de manera teórica, para el cálculo se utiliza Microsoft Office Excel donde se encuentran integradas dichas ecuaciones.

5.2.1. Valor presente neto (VPN)

Son los resultados del precio de capital de sustraer la suma del flujo descontado en la inversión originaria. La Ec. (5.1) sirve para evaluar el valor presente neto. (Urbina, 2016, pág. 208)

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad \text{Ec. (5.1)}$$

Donde FNE es el flujo neto de efectivo de recuperación y las condiciones para el análisis del valor neto son las siguientes:

La i representa la tasa de referencia del capital.

Si $VPN \geq 0$ se puede aceptar la inversión.

Si $VPN < 0$ se puede rechazar la inversión.

5.2.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa de referencia i que forma al $VPN = 0$ se calcula aplicando la Ec. (5.2) derivada de la ecuación 1.

$$0 = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad \text{Ec. (5.2)}$$

Matemáticamente es la producción de la raíz del polinomio cuando la parte derecha de la ecuación se hace igual a cero por tanto se deduce como el TIR en un plan de inversión. (Urbina, 2016, pág. 210)

5.2.3. Periodo de recuperación (PR)

Reside en determinar el periodo requerido para rescatar la inversión primera en un proyecto, generalmente se calcula en años, con la Ec. (5.3) se determinar el PR. (Urbina, 2016, pág. 212)

$$PR = \frac{FNE}{REC} \times 100 \quad \text{Ec. (5.3)}$$

La ecuación 5.3 se interpreta como flujo neto de efectivo dividido por el monto de recuperación en el tiempo de la inversión multiplicado por cien.

5.2.4. Cálculos de indicadores para la oferta de la red IoT.

La Tabla 5.7 muestra el flujo de proyecto utilizado para la obtención de los indicadores y ver que tan factible es el proyecto. Se representa los ingresos, egresos, depreciación, inversión inicial y el flujo neto.

Tabla 5.7 Descripción de flujo de proyecto

FLUJO DE PROYECTO					
Concepto	0	1	2	3	4
Ingresos					
Implementación de la red		120000,00	100000,00	104000,00	136000,00
Depreciación		8977,91	8977,91	8977,91	8977,91
Total de ingresos (USD.)		128977,91	108977,91	112977,91	144977,91
Egresos					
Costos de Operación y Mantenimiento		441,30	809,05	1191,51	1691,65
Depreciación		8977,91	8977,91	8977,91	8977,91
Total de egresos (USD.)		9419,21	9786,96	10169,42	10669,56
Utilidad antes de participación e impuestos		110580,79	90213,04	93830,58	125330,44
Inversión inicial (USD.)	- 404006,02				
Flujo de Fondos Neto Puro (USD.)	- 404006,02	119558,70	99190,95	102808,49	134308,35

Análisis de flujo de proyecto, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

Con los datos de la Tabla 5.7, una tasa de interés del 3% cuatrimestral y utilizando Microsoft Office Excel se evalúa el VPN, TIR y PR, la Tabla 5.8 muestra resultados de cada uno de ellos.

Tabla 5.8 Resultados del VPN, TIR, PR

Indicadores		
TASA	3%	Cuatrimestral
VPN(USD.)	422988,95	18982,93
TIR	4,90945%	
PR	3,38	

Cálculo de indicadores de factibilidad de proyecto, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

Como el valor presente neto es mayor que cero si se puede implementar la red, además se puede ver que la tasa interna de retorno para la implementación del proyecto de la red es del 4.90745%, quiere decir que, si genera ganancias, mientras que el periodo de

recuperación es aproximadamente en 13 meses. La Tabla 5.9 muestra los resultados obtenidos del periodo de recuperación de la inversión.

Tabla 5.9 Resultados del periodo de recuperación

Detalle del periodo de recuperación			
1	119558,6995	116076,407	116076,41
2	99190,9495	93496,9832	209573,39
3	102808,4895	94084,3317	303657,72
4	134308,3495	119331,229	422988,95

Análisis del indicador de periodo de recuperación, Realizado por: René Gahona, Alex Gavilema

El (PR) de inversión inicial de proyecto de la red IoT es en el 4 cuatrimestre ya que en este periodo se iguala al cálculo del VPN Tabla 5.8, considerando un costo adicional de 4000,00 (USD.) a cada departamento.

CONCLUSIONES

La escalabilidad del edificio parte de un diseño de 1844 terminales IoT, por lo que el aumento de dispositivos a un plazo mínimo de 5 años no se vería afectado en rendimiento, ya que el diseño de red internet de las cosas (IoT) se enfoca en varios aspectos de seguridad de información y alarmas para los usuarios de los departamentos, con los dispositivos planteados que se pudo obtener la información en cualquier lugar mediante la selección de equipos Aruba cubriendo las necesidades en el edificio de la empresa Consel.

Se determinó que la demora de paquetes en la red no tiene un incremento considerable, pese a que se simula el aumento de 7 dispositivos IoT distribuidos en los departamentos, estacionamientos y áreas específicas en el edificio, con una mejora 14% del retardo, así como una mejora de 62,5% en rendimiento de la red IoT, la información en los escenarios planteados permite que la carga no supere el 11,9%.

La calidad de servicio basada en la espera equitativa ponderada (WFQ), cuenta con las etiquetas para priorizar el tráfico en la red, partiendo de datos de red IoT, servicios ftp, streaming y dejando de ultimo a datos de terminales no IoT, permitiendo que la perdida de paquetes sea mejorada en 57,01 % como se aprecia en la gráfica 4.7.

Se pudo ver con el análisis de factibilidad de coste el proyecto de red para seguridad de los departamentos del edificio de la empresa Consel es factible ya que el tiempo de recuperación de la inversión de 404.006,02 (USD.) es alrededor de 13 meses de acuerdo al PR, genera una ganancia del 4,909% según el cálculo del TIR y un VPN de 18.982,93 (USD.) esto genera ahorros a los residentes del edificio con respecto a la seguridad electrónica.

RECOMENDACIONES

Con el fin de lograr valores más bajos de retardo, sería importante considerar en un futuro la implementación de fibra óptica directamente hasta los puntos de acceso que van a los departamentos.

Para complementar el monitoreo del edificio, se recomienda implementar una sala de control con personal capacitado para el monitoreo de la red IoT dentro del edificio con el fin de mejorar la seguridad ante cualquier evento inesperado como fuego, instrucción no autorizado.

Se sugiere integrar el resto de dispositivos de control automáticos del edificio tales como control de bombas de agua, motores de ascensores, presurización de evacuación, ventilación, succión de CO₂ para una mejor administración y seguridad del edificio.

REFERENCIAS

(2017). En G. S. David Hanes, *IOT Fundamentals*. Cisco press.

(2017). En G. S. David Hanes, *IOT Fundamentals* (pág. 34). Cisco press.

Abus. (29 de 4 de 2019). *Abus*. Obtenido de Security Tech Germany:
<https://www.abus.com/eng>

Adam Wright, Jitesh Ubrani, Michael Shirer. (29 de 03 de 2019). *IDC ANALYZE THE FUTURE*. Recuperado el 10 de 06 de 2019, de Double-Digit Growth Expected in the Smart Home Market, Says IDC:
<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS44971219>

Aruba. (5 de 5 de 2019). *Aruba*. Obtenido de Hewlett Packard Enterprise Development LP: <https://www.arubanetworks.com/latam/>

Dahua. (29 de 4 de 2019). *Dahua*. Obtenido de Dahua Technology:
<https://www.dahuasecurity.com/>

Enterprise, H. P. (s.f.). *Hewlett Packard*. Recuperado el 21 de 05 de 2019, de HPE Edgeline OT Link: Software-defined intelligence built into HPE Edgeline Converged Edge Systems technical white paper:
<https://www.hpe.com/us/en/pdfViewer.html?docId=a00060081&parentPage=/us/en/products/servers/edgeline-systems&resourceTitle=HPE+Edgeline+OT+Link%3A+Software-defined+intelligence+built+into+HPE+Edgeline+Converged+Edge+Systems+technical+white+paper>

Fortinet. (2019). *Fortinet Deliver Secure Digital Transformation*. Obtenido de Fortinet Product Downloads:
https://www.fortinet.com/content/dam/fortinet/assets/data-sheets/FortiGate_6000F_Series.pdf

Fraile, R. (30 de 8 de 2018). *linkedin*. Obtenido de linkedin:
<https://www.linkedin.com/pulse/gartner-wired-wireless-lan-access-infrastructure-2018-roberto-fraile>

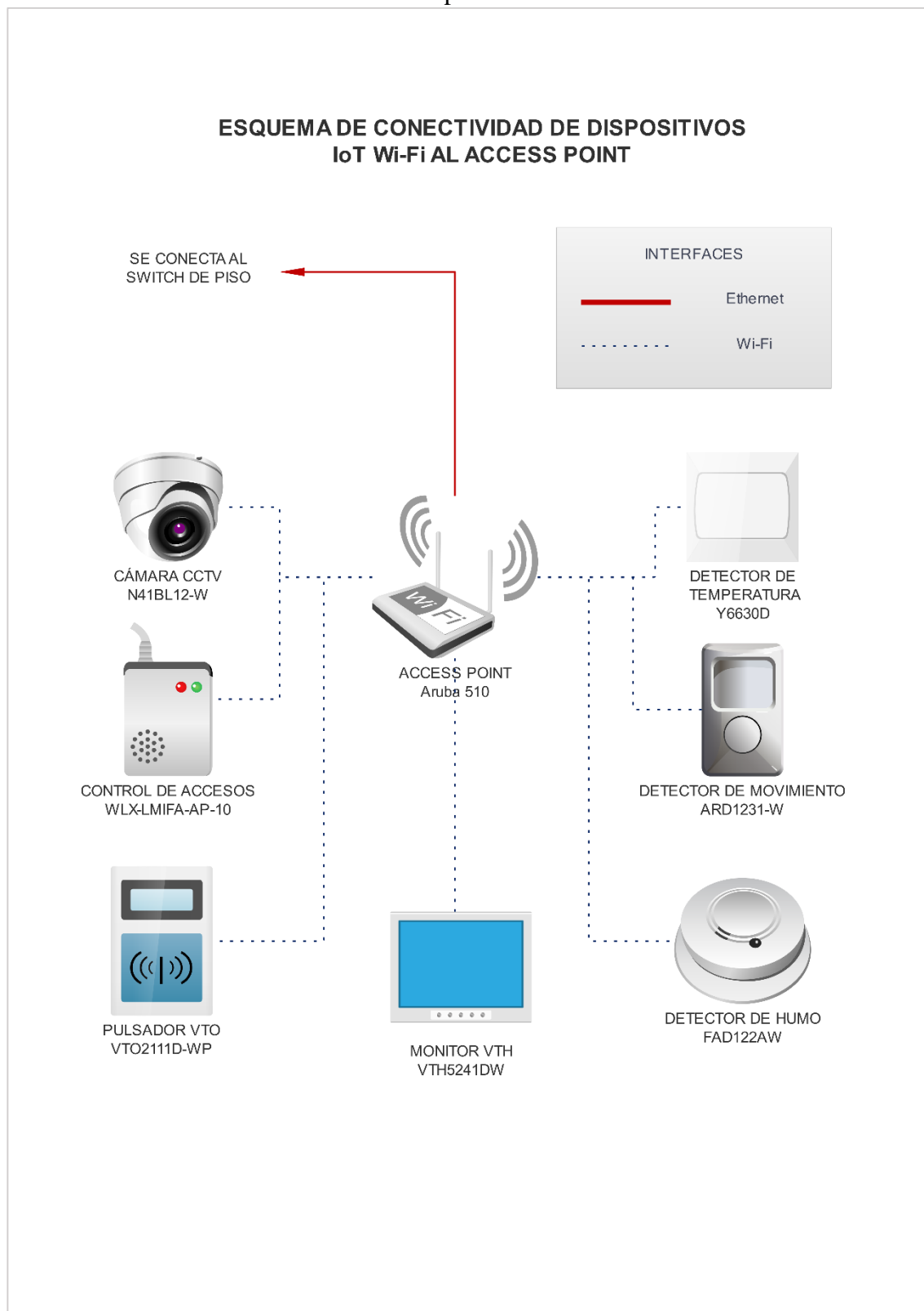
- gemalto. (6 de 3 de 2019). *Edificios Inteligentes*. Obtenido de gemalto a Thales Company: <https://www.gemalto.com/latam/iot/m2m/mercados-m2m/edificios-inteligentes>
- Hikvision. (29 de 4 de 2019). *Hikvision*. Obtenido de <https://www.hikvision.com/ES-LA/>
- Honeywell. (29 de 4 de 2019). *Honeywell Home*. Obtenido de <https://heatingcontrols.honeywellhome.com/>
- HPE. (15 de 07 de 2019). *Hewlett Packard Enterprise*. Obtenido de <https://www.hpe.com/us/en/home.html>
- itu. (s.f.). *itu*. Obtenido de itu: <https://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx>
- James F. Kurose, Keith W. Ross. (2016). *COMPUTER NETWORKING*. Pearson. Recuperado el 21 de 05 de 2019
- Lightmax. (21 de 07 de 2019). *Light Max*. Obtenido de <http://lightmax.es/>
- Núñez, R. (7 de julio de 2018). *IoT World Online*. Recuperado el 26 de 4 de 2019, de https://www.iotworldonline.es/10-consideraciones-en-la-construccion-de-edificios-inteligentes-con-internet-de-las-cosas-iot/#Las_consideraciones_con_Internet_de_las_Cosas_IoT_en_la_construccion_de_Edificios_Inteligentes
- O'Brien, J. (17 de 7 de 2018). *Noria Corporation*. Recuperado el 26 de 4 de 2019, de Visión Industrial: <http://www.visionindustrial.com.mx/industria/operacion-industrial/como-mejora-el-internet-de-las-cosas-al-mantenimiento>
- Salazar, J. (2016). *Redes Inalámbricas*. Praga 6: TechPedia. Recuperado el 30 de 4 de 2019, de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf
- Serrotho. (5 de 2 de 2019). *Internet de las Cosas desde abajo: Dispositivos y Controladores Físicos*. Recuperado el 29 de 4 de 2019, de techdata: <http://blog.techdata.com/ts/latam/internet-de-las-cosas-desde-abajo-dispositivos-y-controladores-f%C3%ADsicos>

Statista. (11 de 2016). *Industries*. Recuperado el 10 de 06 de 2019, de Internet of Things - number of connected devices worldwide 2015-2025: <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>

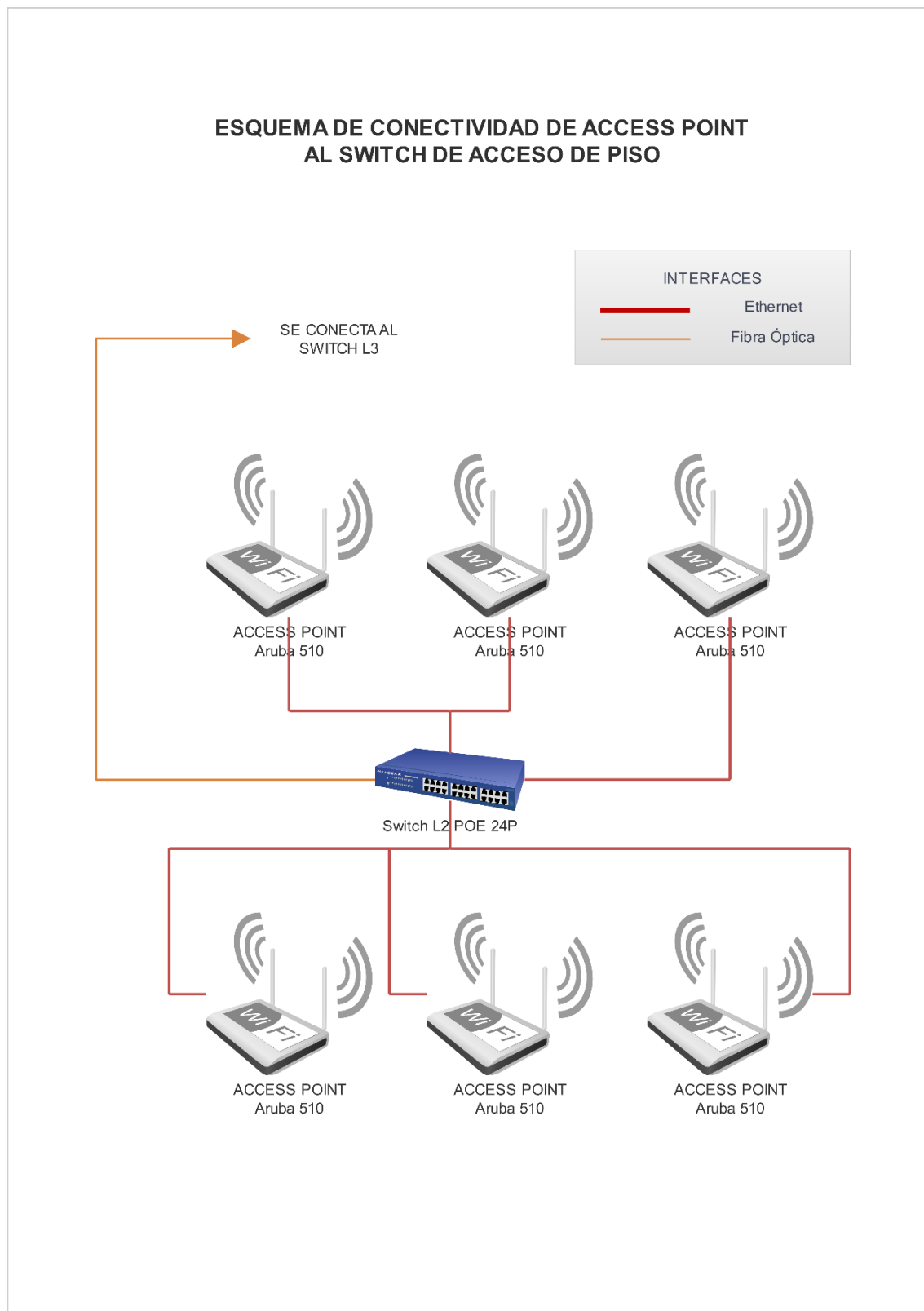
Urbina, G. B. (2016). *Evaluación de Proyectos* (8 ed.). México D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. DE C.V.

Westway Engineers. (16 de Junio de 2017). *Erlangs and VoIP Bandwidth Calculator*. Obtenido de <https://www.erlang.com/calculator/eipb/>

ANEXO 1: Detalle de conectividad de dispositivos finales IoT al AP



ANEXO 2: Detalle de conectividad de Access Point al Switch de distribución



ANEXO 3: Rubros de precios de materiales

CODIGO APU	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
CABLEADO ESTRUCTURADO / LAN					
1	TUBERIA EMT 3/4", INCLUYE ACCESORIOS DE CONEXIÓN Y ANCLAJES	c/u	630	2,16	1.363,79
2	CANAleta DE 10X08 CM, TIPO ESCALERILLA PARA SIST. RED IOT	m	375	14,14	5.300,76
3	CANAleta DE 30X10 CM, TIPO ESCALERILLA PARA SIST. RED IOT	m	120	21,51	2.581,10
4	PUNTO DE DATOS SIMPLE CON CABLE F/UTP CAT6A	c/u	195	80,77	15.749,59
5	RACK SALA DE COMUNICACIONES TIPO ARMARIO 42UR	c/u	2	701,59	1.403,17
6	RACK SALA DE COMUNICACIONES TIPO ARMARIO 12UR	c/u	11	211,18	2.322,97
7	PATCH PANEL 24 PUERTOS RJ45 BLINDADO MODULAR	c/u	15	47,65	714,68
8	ORGANIZADOR HORIZONTAL	c/u	15	13,56	203,38
9	MULTITOMA 5 SALIDAS DOBLES	c/u	13	20,00	260,00
10	PATCH CORD DE 3 PIES, CATEGORIA 6A	c/u	390	12,20	4.757,69
11	PATCH CORD DE 7 PIES, CATEGORIA 6A	c/u	24	13,96	335,12
12	CERTIFICACION DE PTOS Y JACKS	c/u	195	7,25	1.413,75
13	BARRA DE TIERRA TMGB PARA RACK	c/u	1	209,99	209,99
14	BARRA DE TIERRA TGB PARA RACK	c/u	11	89,98	989,78
15	CONDUCTOR DE TIERRA 6 AWG.	m	120	2,08	249,60
SISTEMA DE NETWORKING					
16	SWITCH DE CAPA 2 MODULAR 24 PUERTOS RJ45 POE 2540	c/u	11	3003,60	33.039,60
17	SWITCH DE CAPA 3 MODULAR DE 24 PUERTOS RJ45 2930M	c/u	3	11086,80	33.260,40
18	ROUTER HPE FlexNetwork HSR6800	c/u	1	5313,00	5.313,00
19	EQUIPO DE BORDE HPE Edgeline EL1000	c/u	1	7722,61	7.722,61
20	SERVIDOR DE DATOS HPE ProLiant M710X	c/u	1	9754,88	9.754,88
21	FIREWALL FORTIGATE 6300F	c/u	1	7792,20	7.792,20
22	TRANSCEIVER DE 10 GBPS (SFP+)	c/u	22	450,00	9.900,00
23	ACCESS POINT HPE 510	c/u	187	330,81	61.861,79
24	CONTROLADOR DE MOVILIDAD ARUBA Serie 7200	c/u	1	7683,38	7.683,38
SISTEMA DE FIBRA OPTICA					
25	FIBRA OPTICA MULTIMODO 6 HILOS	m	345	3,97	1.369,18
26	BANDEJA DE FIBRA OPTICA 12P, CONECTORES LC	c/u	2	168,83	337,66
27	BANDEJA DE FIBRA OPTICA 6P, CONECTORES LC	m	11	158,20	1.740,25
28	ACOPLADOR DE FIBRA OPTICA DUPLEX	c/u	22	3,63	79,83
29	CONECTOR DE FIBRA OPTICA DUPLEX	c/u	22	3,63	79,83
30	PATCH CORD DE FIBRA OPTICA 7 PIES DUPLEX	c/u	22	31,49	692,74
31	FUSIONADO Y CERTIFICACION DE FIBRA OPTICA, INCLUYE PIGTAIL	c/u	44	32,08	1.411,41
DISPOSITIVOS IOT					
32	DETECTOR DE HUMO	c/u	335	48,64	16.293,84
33	DETECTOR TEMPERATURA	c/u	116	74,97	8.696,10
34	CERRADURA ELECTROMAGNETICA	c/u	128	131,98	16.893,28
35	DETECTOR DE MOVIMIENTO	c/u	116	64,67	7.501,40
36	INTERCOMUNICADOR MONITOR VTH	c/u	263	216,00	56.808,00
37	INTERCOMUNICADOR PULSADOR VTO	c/u	115	62,40	7.176,00
38	CÁMARA TIPO DOMO	c/u	139	100,86	14.019,96

TOTAL PRESUPUESTO (USD.) 347.282,72

ANEXO 4: Rubros de costos de instalación

CODIGO APU	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
CABLEADO ESTRUCTURADO / LAN					
1	TUBERIA EMT 3/4", INCLUYE ACCESORIOS DE CONEXIÓN Y ANCLAJES	c/u	630	0,96	602,99
2	CANAleta DE 10X08 CM, TIPO ESCALERILLA PARA SIST. RED IOT	m	375	6,10	2.288,12
3	CANAleta DE 30X10 CM, TIPO ESCALERILLA PARA SIST. RED IOT	m	120	6,10	732,20
4	PUNTO DE DATOS SIMPLE CON CABLE F/UTP CAT6A	c/u	195	21,63	4.217,24
5	RACK SALA DE COMUNICACIONES TIPO ARMARIO 42UR	c/u	2	35,89	71,78
6	RACK SALA DE COMUNICACIONES TIPO ARMARIO 12UR	c/u	11	25,12	276,37
7	PATCH PANEL 24 PUERTOS RJ45 BLINDADO MODULAR	c/u	15	19,87	298,11
8	ORGANIZADOR HORIZONTAL	c/u	15	5,31	79,69
9	MULTITOMA 5 SALIDAS DOBLES	c/u	13	2,03	26,44
10	PATCH CORD DE 3 PIES, CATEGORIA 6A	c/u	390	1,20	466,60
11	PATCH CORD DE 7 PIES, CATEGORIA 6A	c/u	24	1,20	28,71
12	CERTIFICACION DE PTOS Y JACKS	c/u	195	3,71	723,22
13	BARRA DE TIERRA TMGB PARA RACK 8mmx12mm	c/u	1	7,30	7,30
14	BARRA DE TIERRA TGB PARA RACK 8mmx12mm	c/u	11	5,74	63,17
15	CONDUCTOR DE TIERRA 6 AWG.	m	120	4,31	516,84
SISTEMA DE NETWORKING					
16	SWITCH DE CAPA 2 MODULAR 24 PUERTOS RJ45	c/u	11	1188,73	13.076,03
17	SWITCH DE CAPA 3 MODULAR DE 24 PUERTOS RJ45	c/u	3	1306,89	3.920,68
18	ROUTER	c/u	1	1188,73	1.188,73
19	EQUIPO DE BORDE HPE Edgeline EL1000	c/u	1	1071,98	1.071,98
20	SERVIDOR DE DATOS HPE ProLiant m710x	c/u	1	1424,35	1.424,35
21	FIREWALL FortiGate 6300F	c/u	1	1306,89	1.306,89
22	TRANSCEIVER DE 10 GBPS (SFP+)	c/u	22	50,09	1.101,95
23	ACCESS POINT HPE 510	c/u	187	27,22	5.090,51
24	CONTROLADOR DE RED INALAMBICA (AP) Serie 7200	c/u	1	1122,56	1.122,56
SISTEMA DE FBRA OPTICA					
25	FIBRA OPTICA MULTIMODO 6 HILOS	m	345	6,22	2.146,34
26	BANDEJA DE FIBRA OPTICA 12P, CONECTORES LC	c/u	2	77,03	154,06
27	BANDEJA DE FIBRA OPTICA 6P, CONECTORES LC	m	11	38,51	423,65
28	ACOPLADOR DE FIBRA OPTICA DUPLEX	c/u	22	1,20	26,32
29	CONECTOR DE FIBRA OPTICA DUPLEX	c/u	22	1,20	26,32
30	PATCH CORD DE FIBRA OPTICA 7 PIES DUPLEX	c/u	22	1,20	26,32
31	FUSIONADO Y CERTIFICACION DE FIBRA OPTICA, INCLUYE PIGTAIL	c/u	44	9,96	438,29
DISPOSITIVOS IOT					
32	DETECTOR DE HUMO FOTOELECTRICO	c/u	335	2,56	859,24
33	DETECTOR TÉRMICO	c/u	116	2,51	291,44
34	CERRADURA ELECTROMAGNÉTICA	c/u	128	14,49	1.854,16
35	DETECTOR INFRARROJO	c/u	116	2,51	291,44
36	INTERCOMUNICADOR MONITOR VTH	c/u	263	17,42	4.582,01
37	INTERCOMUNICADOR PULSADOR VTO	c/u	115	14,02	1.612,72
38	CÁMARA TIPO DOMO	c/u	88	6,94	610,64
39	CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA IOT	glb	1	3677,88	3.677,88

SUBTOTAL MANO DE OBRA (USD.) 56.723,30

ANEXO 5: Recepción del trabajo de titulación en la Empresa Consel.



Oficio No. 2567/2020

Quito, febrero 17, 2020

Señores
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
Carrera de Ingeniería Electrónica
Quito Campus Sur
Presente.-

De mis consideraciones:

Por medio de la presente nuestra empresa CONSEL CIA. LTDA. certifica haber recibido el proyecto técnico "DISEÑO DE LA RED IOT PARA EL EDIFICIO DE LA EMPRESA CONSEL" desarrollado por los señores René Fernando Gahona Correa con C.I. #1720457462 y Alex Ricardo Gavilema Cabezas con C.I. #1724976012, estudiantes de ingeniería electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana.

El proyecto fue desarrollado a entera satisfacción de nuestra empresa.

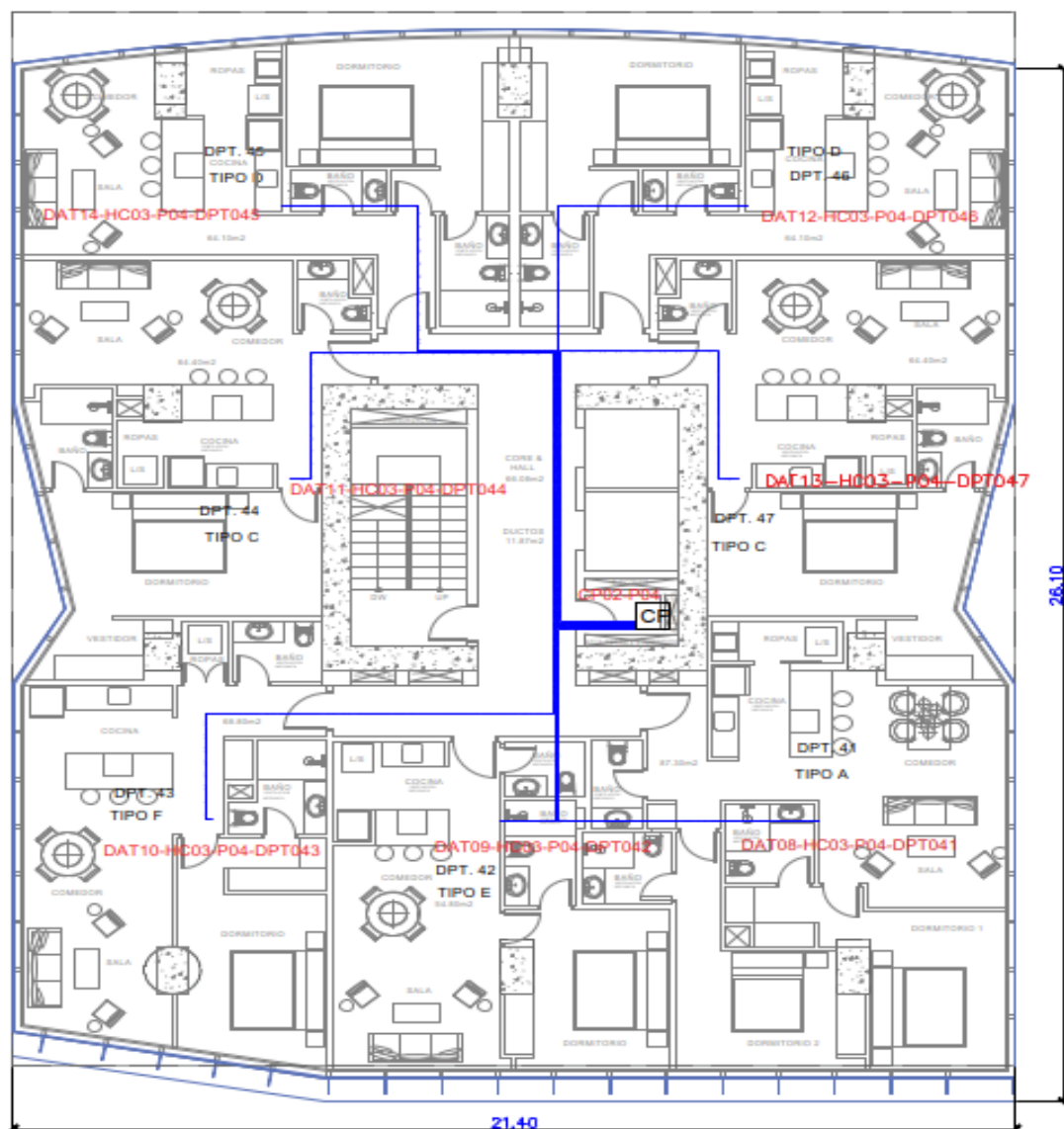
Es todo cuanto puedo manifestar en honor a la verdad.

Muy atentamente,

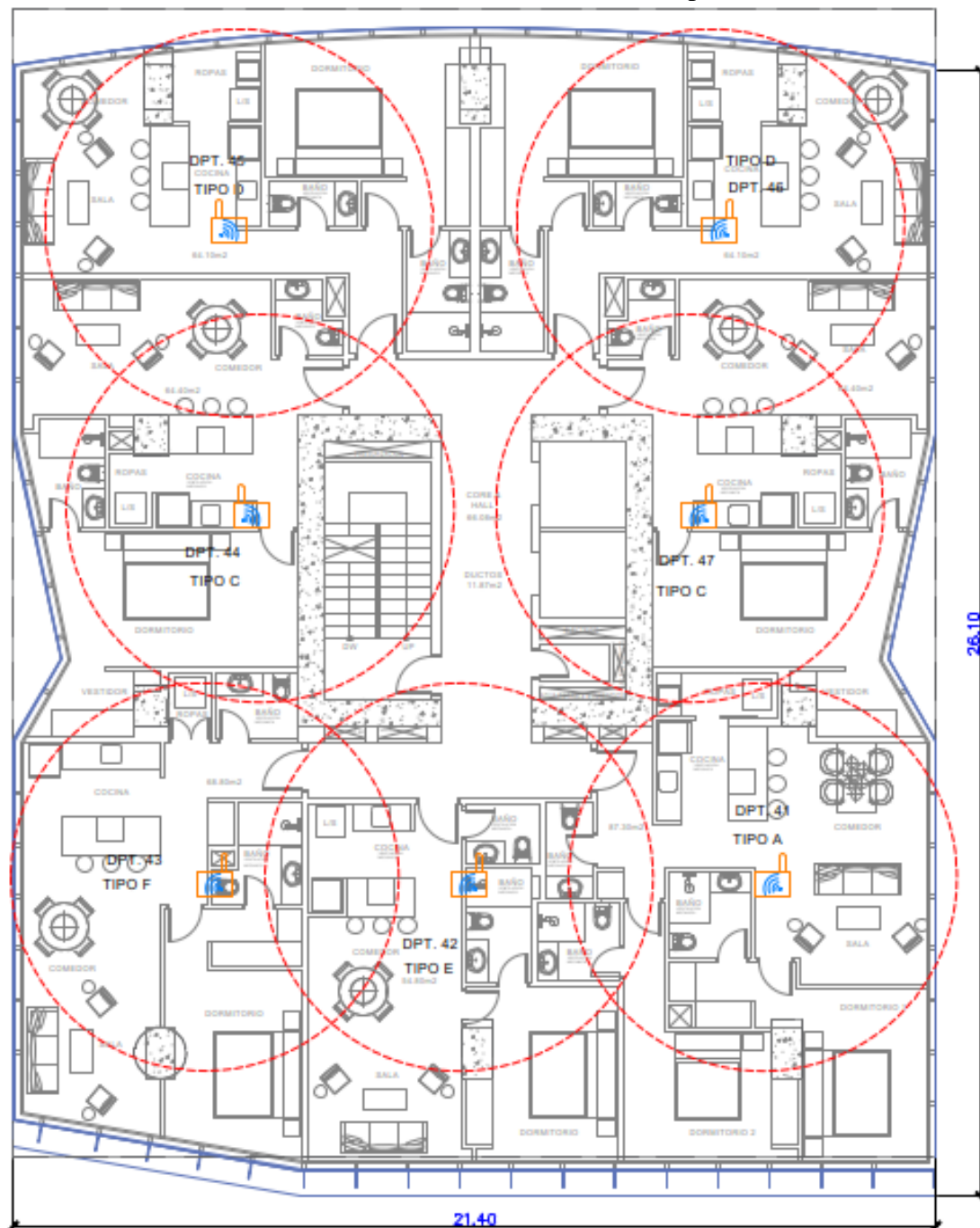


Ing. Luis René Barragán R.
C.I. 1712175635
Gerente General

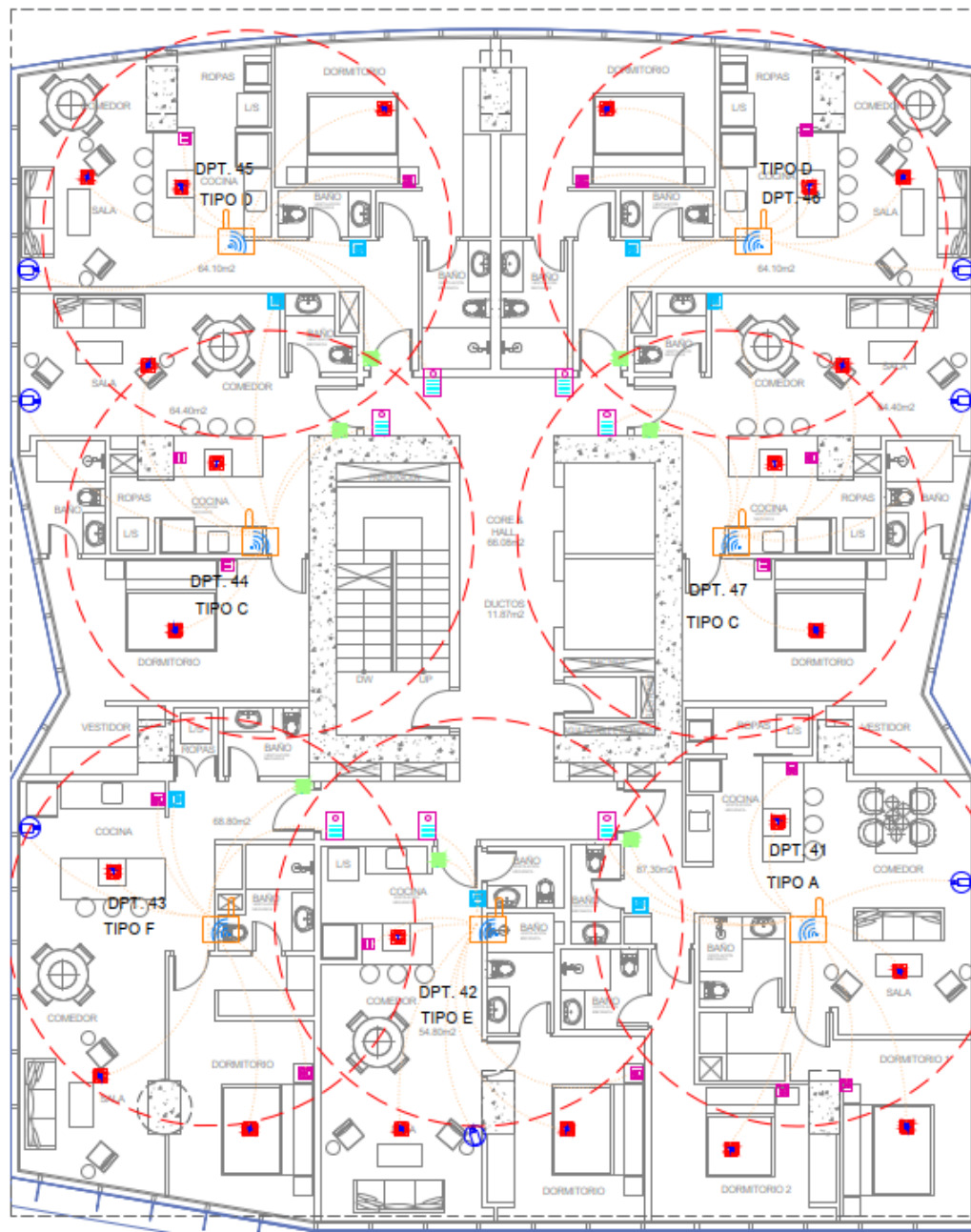
ANEXO 6: Cableado estructurado con salida de datos CAT6A piso 4



ANEXO 7: Red inalámbrica, distribución de Access Point, piso 4



ANEXO 8: Despliegue de dispositivos IoT Wi-Fi en el piso modelo



ANEXO 9: Ubicación de dispositivos IoT Wi-Fi en el departamento modelo

